III. INTERNATIONAL TOROS

SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS

21-22 October 2026
Mersin -Türkiye



EDITOR:
PROF.DR.SEDAT CERECİ



www.isarcacademy.com

PROCEEDINGS BOOK

ISARC INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

ISBN: 978-625-378-774-5

3rd INTERNATIONAL TOROS SCIENTIFIC RESEARCH
AND INNOVATION CONGRESS PROCEEDINGS BOOK

2026© IKSAD PUBLISHING HOUSE

EDITOR

Prof. Dr. Sedat CERECİ

Publication Date: 28 October 2026

All Rights Reserved.
All rights of this book belong IKSAD Publishing House
Authors are responsible both ethically and juridically
No part of this publication may be reproduced, distributed, transmitted, stored in a retrieval system, or translated into any language, in any form or by any means—electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise—without the prior written permission of both the copyright holder and the publisher.
Any unauthorized use, reproduction, or distribution of the material contained in this book is strictly prohibited and may result in civil and/or criminal liability under applicable copyright laws.

Contact
www.isarcacademy.com/2026
info@isarcacademy.com

CONGRESS ID I
SCIENTIFIC & REVIEW COMMITTEE II
ACADEMIC INCENTIVE III
PHOTO GALLERY IV
PROGRAM V
CONTENT VI
ABSTRACTS & FULL TEXTS VII

CONGRESS ID

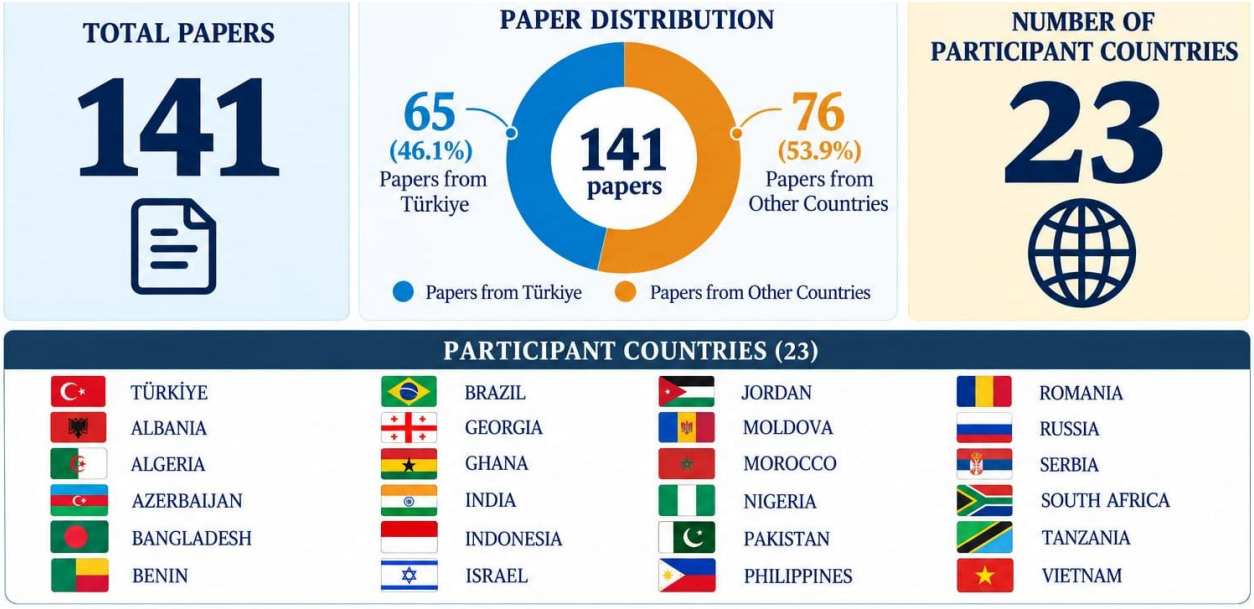
CONGRESS TITLE
3 rd INTERNATIONAL TOROS SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS

DATE and PLACE
October 21-22, 2026 / Mersin, Türkiye

ORGANIZATION
ISARC Academy, Türkiye

CONGRESS HONORARY PRESIDENT
Prof. Dr. Sedat CERECİ

PARTICIPATION
Keynote & Invited



ISARC
Academy

ORGANIZING COMMITTEE:

Name	Country
Prof. Dr. Mukadder MOLLAOĞLU	TR
Prof. Dr. Neslihan ŞAHİN	TR
Prof. Dr. Sancar BULUT	TR
Prof. Dr. Serpil ÜNVER SARAYDIN	TR
Prof. Dr. Tolga ULUSOY	TR
Prof. Dr. Yadigar GÜLSEVEN SIDIR	TR
Assoc. Prof. Dr. Malik YILMAZ	TR
Assoc. Prof. Dr. Melih OKCU	TR
Assoc. Prof. Dr. Nursen IŞIK	TR
Assoc. Prof. Dr. Özlem ÜLGER DANACI	TR
Assoc. Prof. Dr. Sahure YARİŞ	TR
Assoc. Prof. Dr. Seda BENGİ	TR
Assoc. Prof. Dr. Sema SAĞLIK	TR
Assoc. Prof. Dr. Şükrü KALAYCI	TR
Assoc. Prof. Dr. Zamıg TEHMEZOV	AZ
Assoc. Prof. Dr. Zeynep Deniz ŞAHİN İNAN	TR
Assoc. Prof. Dr. Zühal OKCU	TR
Dr. Laleş USLU AZARAK	TR
Dr. Mine KIRKYOL	TR
Dr. Sevil ÖZCAN	TR
Dr. Sümeyye GÖKÇENOĞLU	TR
Dr. Şengül ŞENTÜRK	TR
Dr. Rana BAYTİN ALACI	TR

ISARC
Academy

SCIENTIFIC AND ADVISORY BOARD:

Name	Institution	Country
Prof.Dr.EMİNE NAS	Selçuk University	TR
Prof. Dr. Gökhan TÜRECİ	Kırıkkale Üniversitesi	TR
Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL	Bartın Üniversitesi	TR
Prof. Dr. Jaın SADHNA	University of Delhi	IN
Prof. Dr. Morakeng Edward	Kenneth LEBAKA University of Zululand	ZA
Prof. Dr. Mukadder MOLLAOĞLU	Cumhuriyet University	TR
Prof. Dr. Manole COJOCARU	Titu Maiorescu University	RO
Prof. Dr. Mustafa Fedai ÇAVUŞ	Osmaniye Korkut Ata University	TR
Prof. Dr. Mustafa METE	Gaziantep University	TR
Prof. Dr. Mustafa Onur ALADAĞ	Selçuk University	TR
Prof. Dr. Nurdan KALAYCI	Gazi University	TR
Prof. Dr. Orhan ZEYBEK	Balıkesir University	TR
Prof. Dr. Sancar BULUT	Kayseri University	TR
Prof.Dr.Sedat İLHAN	Dicle University	TR
Prof. Dr. Selahattin YAVUZ	Erzincan Binali Yıldırım University	TR
Prof. Dr.Seval Sevgi KIRDAR	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi	TR
Prof. Dr. Seyfi ŞEVİK	Hitit University	TR
Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI	Atatürk University	TR
Prof.Dr. Yadigar GÜLSEVEN SIDIR	Bitlis Eren University	TR
Prof. Dr. Zekeriya KARADAVUT	Akdeniz Üniversitesi	TR
Prof. Dr. Zharkynbıke SULEIMENOVA	Kazakh National Women's Pedagogical University	KZ
Prof. Dr. Zülfü GÜROCAK	Fırat University	TR
Prof.Dr.Vehbi GÜNEŞ	Selçuk University	TR
Assoc. Prof. Dr.Ahmet AYDIN	Ege University	TR
Assoc. Prof. Dr. Armel MBON	Marien Ngouabi University	CG
Assoc. Prof. Dr. Asuman SAVAŞCIHABEŞ	Nuh Naci Yazgan University	TR
Assoc. Prof. Dr. Azimbaeva GULBAYRA	Kazakh National Women's Pedagogical University	KZ
Assoc. Prof. Dr. Betül GÜZELDİR	Atatürk University	TR
Assoc. Prof. Dr. Çiğdem BOGENÇ	Karabük Üniversitesi	TR
Assoc. Prof. Dr. Emre CENGİZ	Gümüşhane Üniversitesi	TR
Assoc. Prof. Dr.Elif Feyza TOPDAŞ	Atatürk University	TR
Assoc. Prof. Dr.Fouzia BENOUDJIT	M'hamed Bougara University, Boumerdes, Algeria	DZ
Assoc. Prof. Dr. Hatun BARUT	Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü	TR
Assoc. Prof. Dr.Gökhan UYANIK	Gazi University	TR
Assoc. Prof. Dr. Hasan TELLİ	Mersin University	TR
Assoc. Prof. Dr. Lütfü BEKAR	Hitit Üniversitesi	TR
Assoc. Prof. Dr.Murat TOPAL	Fırat University	TR
Assoc. Prof. Dr. Nermin KAHVECİ YAĞCI	Kırıkkale Üniversitesi	TR
Assoc. Prof. Dr. Nuran Ekici	Trakya Üniversitesi	TR
Assoc. Prof. Dr.Onur ÇOMAKLI	Çukurova University	TR
Assoc. Prof. Dr. Oqtay QULİYEV	Azerbaycan Devlet İktisat University	AZ
Assoc. Prof. Dr. Orhan TURAN	Batman University	TR
Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk RENÇBER	Gaziantep University	TR
Assoc. Prof. Dr. Sahure YARİŞ	Dicle University	TR
Assoc. Prof. Dr. Salman Bashir MEMON	Shah Abdul Latif University	PK
Assoc. Prof. Dr. Seyfaddin JAFAROV	Nakhchivan State University/AZERBAIJAN	AZ
Assoc. Prof. Dr.Seyhan Çankaya	Süleyman Demirel University	TR
Assoc. Prof. Soufiane Ziani	Mohammed 1st University	MA
Assoc. Prof. Dr. Syed Ali	Raza NAQVI Government College University	PK

Assoc. Prof. Dr. Victoria POSTOLACHE	Alecu Russo Balti State University	MD
Assoc. Prof. Dr. Yılmaz KÜÇÜK	Gazi University	TR
Assoc. Prof. Dr. Yılmaz SEÇİM	Necmettin Erbakan University	TR
Assoc. Prof. Dr. Zamıg TEHMEZOV	Azerbaycan Devlet Pedagoji University	AZ
Dr. Ahu Alev ABACI BAYAR	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi	TR
Dr. Ali ARSHAD	University Utara	MY
Dr. Ali Sercan KARAKAŞ	İnönü Üniversitesi	TR
Dr. Alper GÜNGÖREN	Kastamonu Üniversitesi	TR
Dr. Aygün Meherremova	Bakü Devlet University	AZ
Dr. Aynure Eliyeva	Azerbaycan Devlet Pedaqoji Universiteti	AZ
Dr. Bhavtosh AWASTHİ	Jecrc University India	IN
Dr. Chems Eddine BOUKHEDIMI	University of Tizi Ouzou	DZ
Dr. E. Vildan BURGAZ	Doğu Akdeniz Üniversitesi/KKT	CY
Dr. Emel ECE	Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi	TR
Dr. Ferhat ATİK	Girne Amerikan Üniversitesi	CY
Dr. Gülşen ASLAN ELKIRAN	Hitit Üniversitesi	TR
Dr.Huma Ikram	University Of Karachi	PK
Dr.Duong To Quoc Thaı	Dong Thap University	VN
Dr. Khadija Oumghar	Hassan II University	MA
Dr. Murat KAYA	Kayseri University	TR
Dr. Moses Adeolu AGOI	Lagos State University of Education	NG
Dr. Muhammad IMRAN	Government College University	PK
Dr.Melek ÖZ	Erciyes University	TR
Dr. Meltem YANIK	Ordu University	TR
Dr.Muhammad Saleh FAISAL	Pmdc Registration	PK
Dr. Nurhoca AKBULAYEV	Azerbaycan Devlet İktisat University	AZ
Dr. Saimah Khan	Integral University, India	IN
Dr. Rida ZULFİQAR	University of Szeged	HU
Dr. Tatia DOLİDZE	European University	GE

III. INTERNATIONAL TOROS *SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS*

October 21-22, 2026 / Mersin, Türkiye

Topic: Akademik Teşvik 28/10/2026

Ref: A.26

İlgili makama;

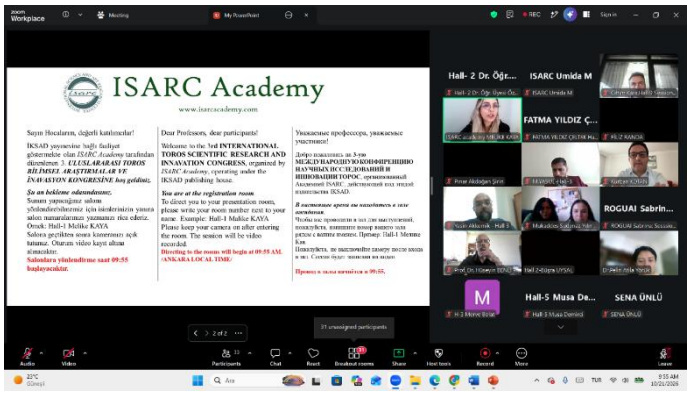
3.ULUSLARARASI TOROS BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR VE İNOVASYON KONGRESİ 21-22 Ekim 2026 tarihleri arasında Mersin'de 23 farklı ülkenin akademisyen/araştırmacılarının katılımıyla gerçekleşmiştir. Kongre kapsamında sunumu yapılan 141 bildirinin 65 adeti Türkiye'den katılımcılar tarafından; 76 bildiri ise 22 ülkeden katılımcılar tarafından sunulmuştur. Kongre 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen "Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır." değişikliğine uygun düzenlenmiştir.

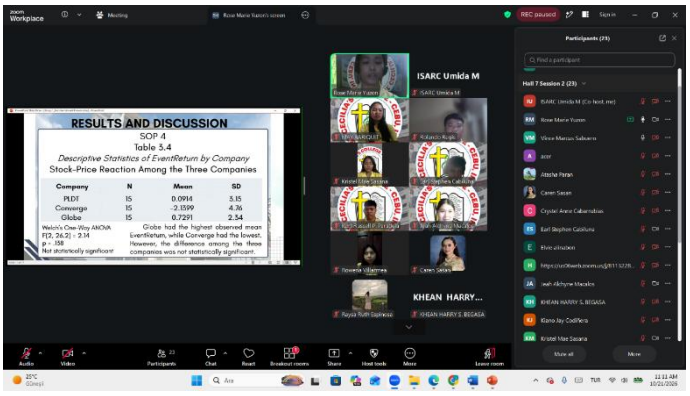
Bilgilerinize arz edilir,

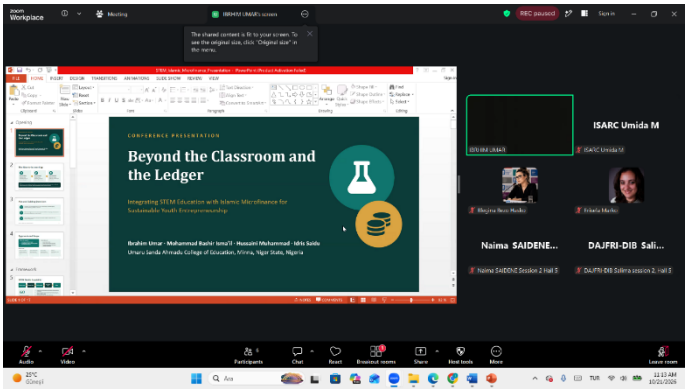
Saygılarımla,

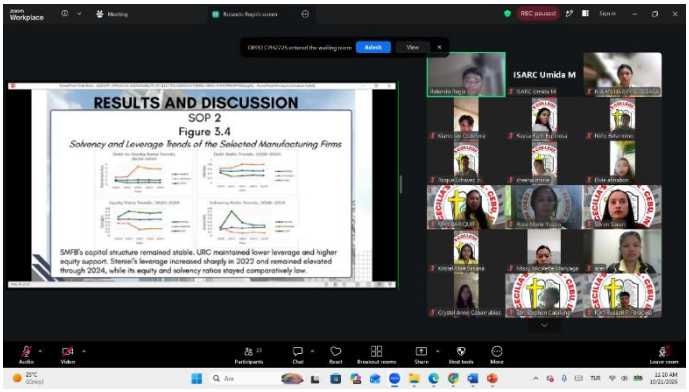
Prof. Dr. Sedat CERECİ
HEAD OF CONGRES

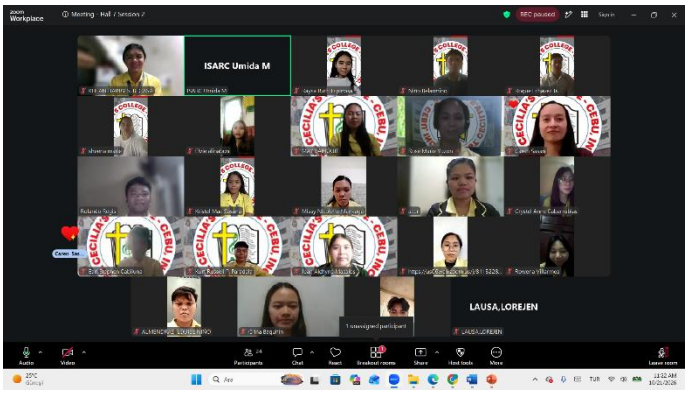
PHOTO GALLERY

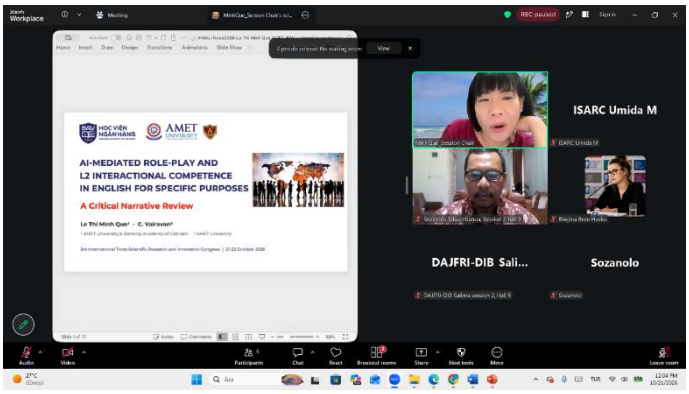


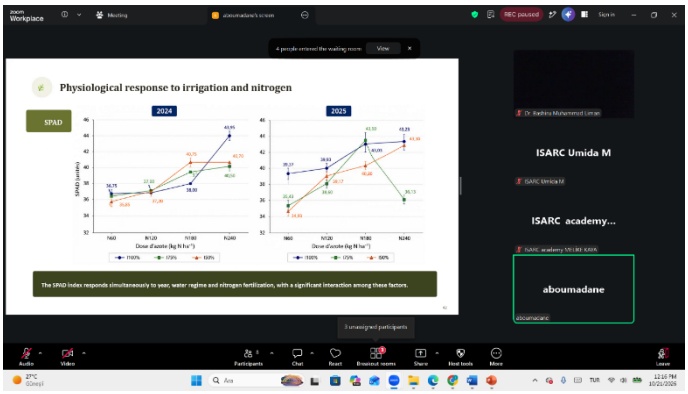


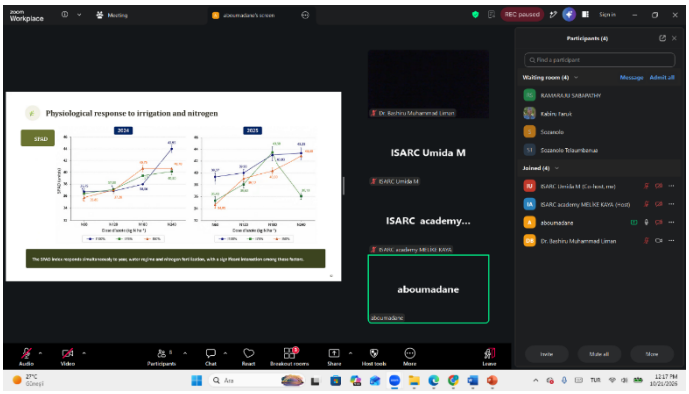




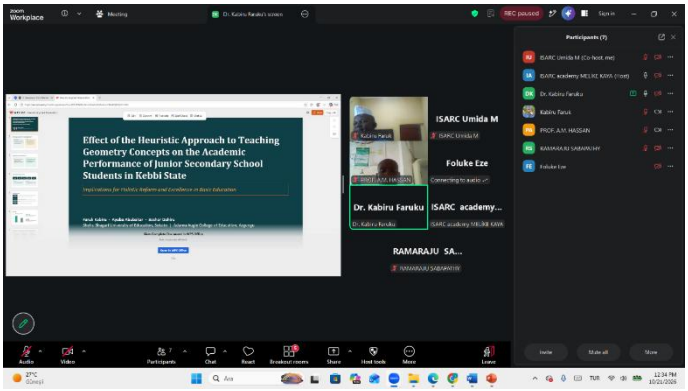


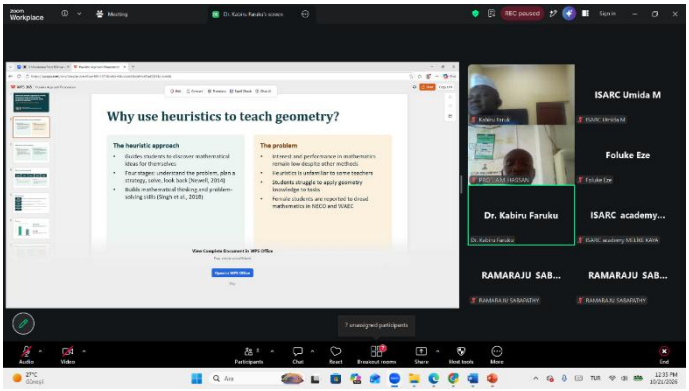


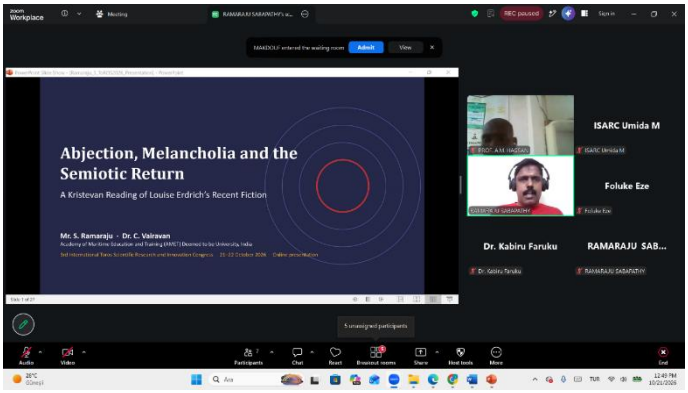


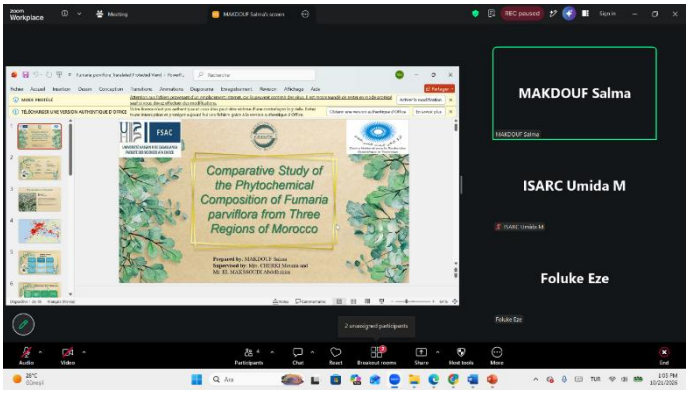


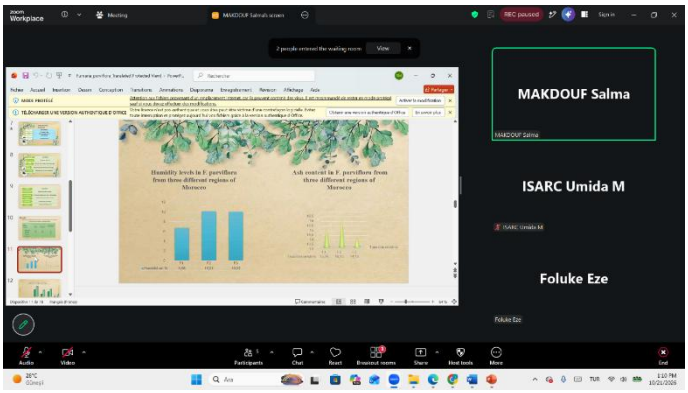
© 2026 ISARC Academy

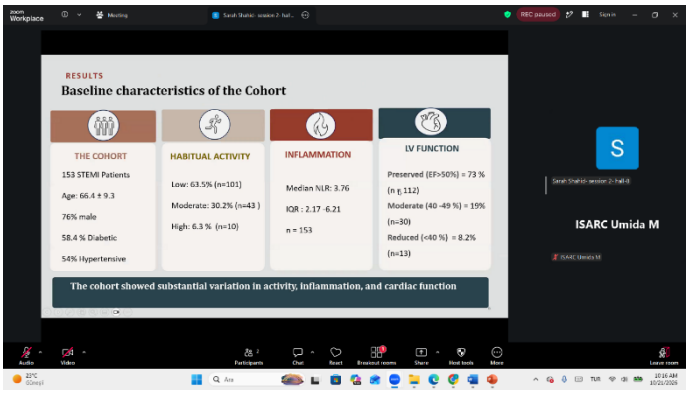

Effect of the Heuristic Approach to Teaching Geometry Concepts on the Academic Performance of Junior Secondary School Students in Kebbi State
ISARC Umida M
Foluke Eze
Dr. Kabiru Faruku
ISARC academy...
RAMARAJU SA...

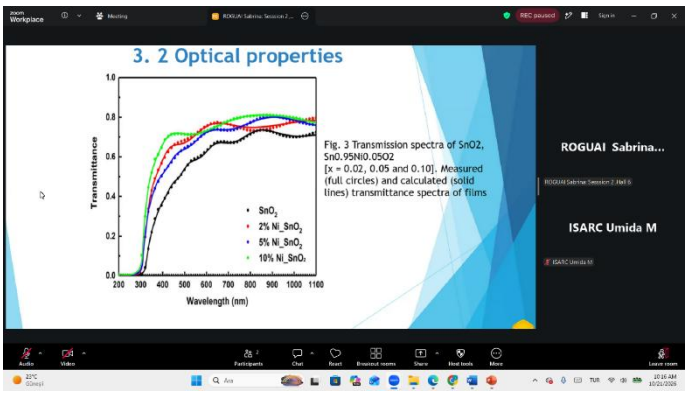

Why use heuristics to teach geometry?
The heuristic approach
The problem
ISARC Umida M
Foluke Eze
Dr. Kabiru Faruku
ISARC academy...
RAMARAJU SAB...
RAMARAJU SAB...

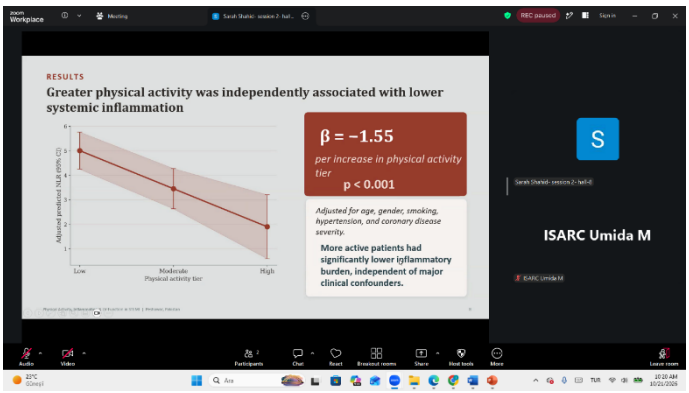

Abjection, Melancholia and the Semiotic Return
A Kristevan Reading of Louise Erdrich's Recent Fiction
ISARC Umida M
Foluke Eze
Dr. Kabiru Faruku
RAMARAJU SAB...


MAKDOUF Salma
ISARC Umida M
Foluke Eze
Comparative Study of the Phytochemical Composition of Fumaria parviflora from Three Regions of Morocco

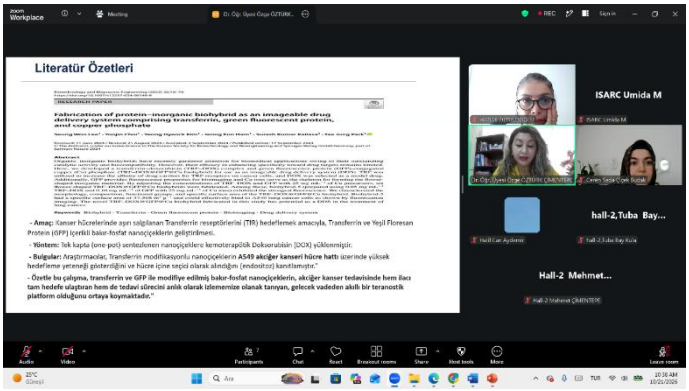

MAKDOUF Salma
ISARC Umida M
Foluke Eze

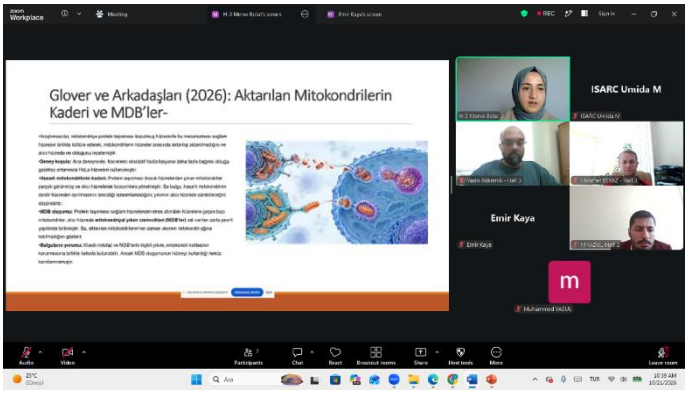

RESULTS
Baseline characteristics of the Cohort
THE COHORT
153 STEMI Patients
Age: 66.4 ± 9.3
76% male
58.4 % Diabetic
54% Hypertensive
HABITUAL ACTIVITY
Low: 63.5% (n=101)
Moderate: 30.2% (n=43)
High: 6.3 % (n=10)
INFLAMMATION
Median NLR: 3.76
IQR : 2.17 -6.21
n = 153
LV FUNCTION
Preserved (EF>50%) = 73 %
(n = 112)
Moderate (40 -49 %) = 19%
(n=30)
Reduced (<40 %) = 8.2%
(n=13)
The cohort showed substantial variation in activity, inflammation, and cardiac function
ISARC Umida M


3. 2 Optical properties
Transmittance
Wavelength (nm)
Fig. 3 Transmission spectra of SnO2, Sn0.95Ni0.05O2 [x = 0.02, 0.05 and 0.10]. Measured (full circles) and calculated (solid lines) transmittance spectra of films
ROGUAI Sabrina...
ISARC Umida M

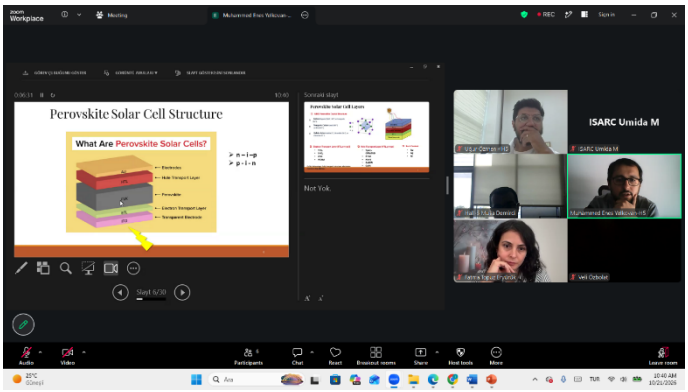

RESULTS
Greater physical activity was independently associated with lower systemic inflammation
β = −1.55
per increase in physical activity tier
p < 0.001
Adjusted for age, gender, smoking, hypertension, and coronary disease severity.
More active patients had significantly lower inflammatory burden, independent of major clinical confounders.
ISARC Umida M

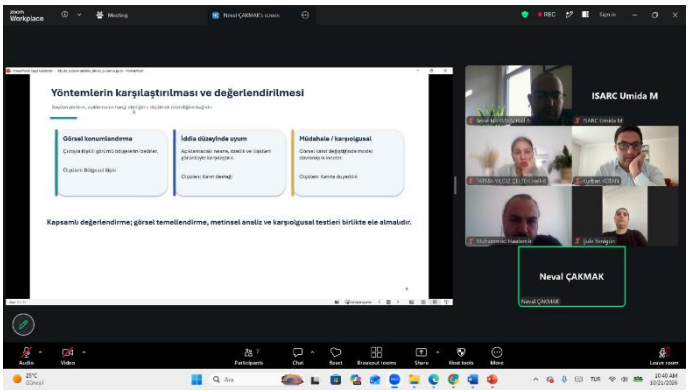

Probiyotik Entegrasyonu: İntoleransın ve Viseral Yağın Yönetimi
Sadece GLP-1 RA
İlaç + Bifidobacterium/Lactobacillus
Lactobacillus gasseri BNR17
Abdominal yağlanmaya ve viseral adipoz dokuya doğrudan müdahale
Sıfır tedavi terki
İntestinal lümen pH dengesi + Bariyer bütünlüğü = Tolere edilebilir tedavi.
ISARC Umida M


Literatür Özetleri
ISARC Umida M
hall-2,Tuba Bay...
Hall-2 Mehmet...

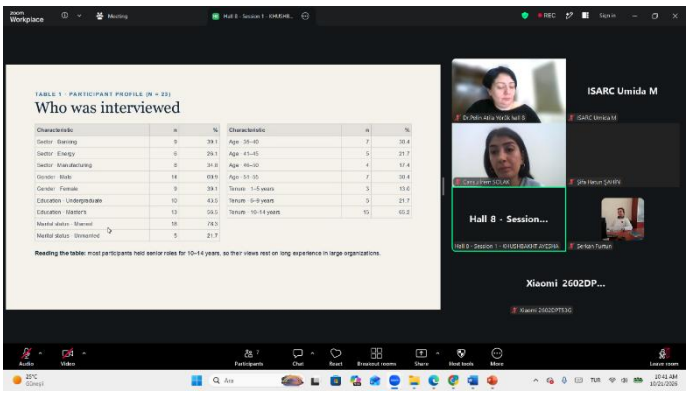

Glover ve Arkadaşları (2026): Aktarılan Mitokondrilerin Kaderi ve MDB'ler-
ISARC Umida M
Emir Kaya

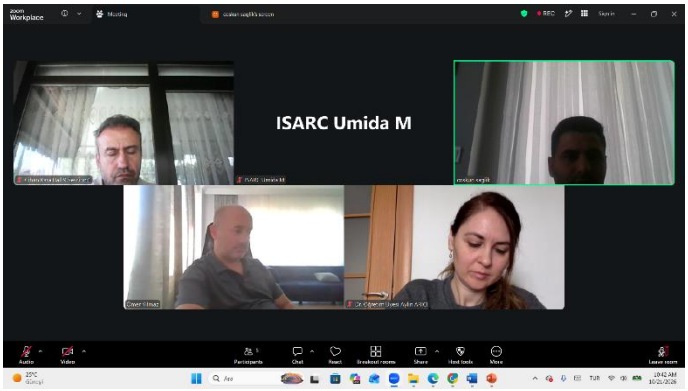

ISARC Umida M

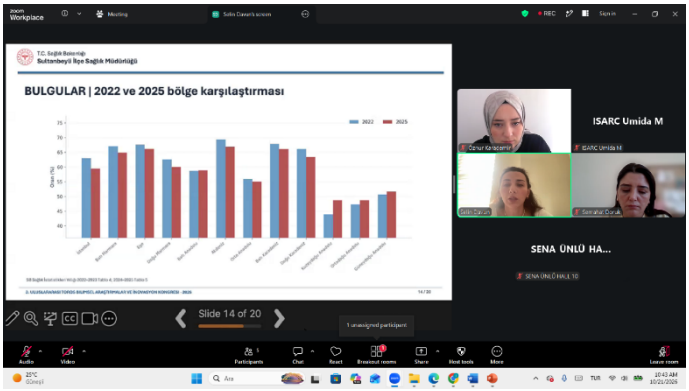

Perovskite Solar Cell Structure
What Are Perovskite Solar Cells?
ISARC Umida M

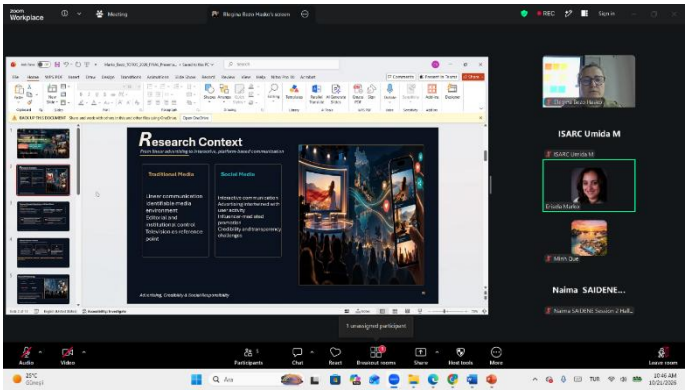

Yöntemlerin karşılaştırılması ve değerlendirilmesi
Görsel konumlandırma
İddia düzeyinde uyum
Müdahale / karşıolgusal
Kapsamlı değerlendirme; görsel temellendirme, metinsel analiz ve karşıolgusal testleri birlikte ele almalıdır.
ISARC Umida M
Neval ÇAKMAK

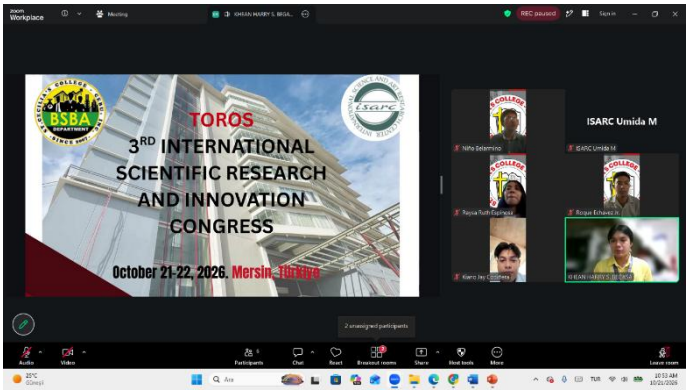

Legal Framework: Regulation
Article 6: sufficient area to accommodate a growing population
Article 18: species and habitat improvement measures
Article 20: hunting and carrying capacity
Article 23: annual status reporting obligation
ISARC Umida M

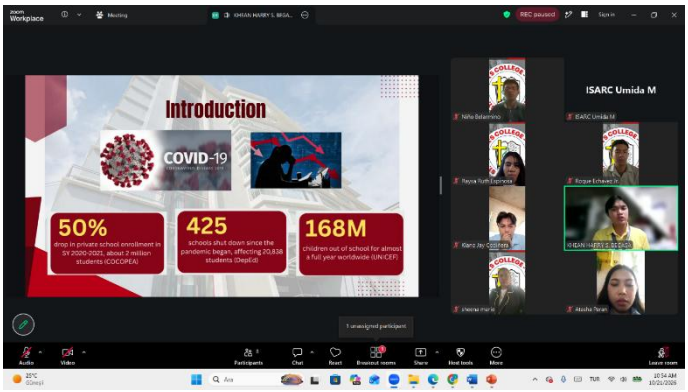

Who was interviewed
ISARC Umida M
Hall 8 - Session...
Xiaomi 2602DP...

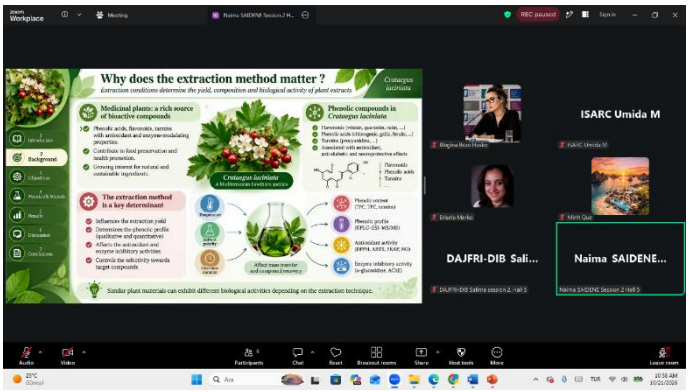

ISARC Umida M

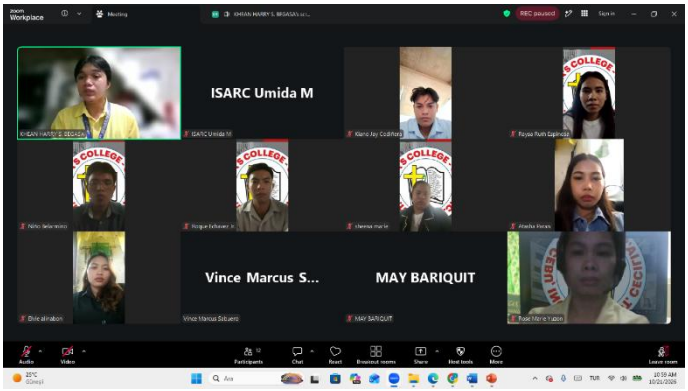

BULGULAR | 2022 ve 2025 bölge karşılaştırması
ISARC Umida M
SENA ÜNLÜ HA...
Slide 14 of 20


Research Context
ISARC Umida M
Naima SAIDENE...

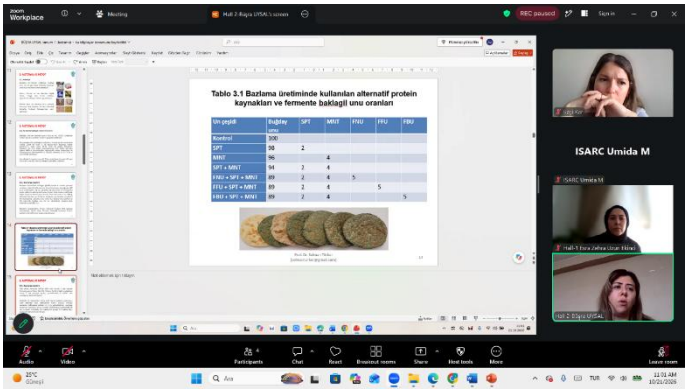

TOROS
3RD INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS
October 21-22, 2026, Mersin, Türkiye
ISARC Umida M


Introduction
COVID-19
50%
425
168M
ISARC Umida M

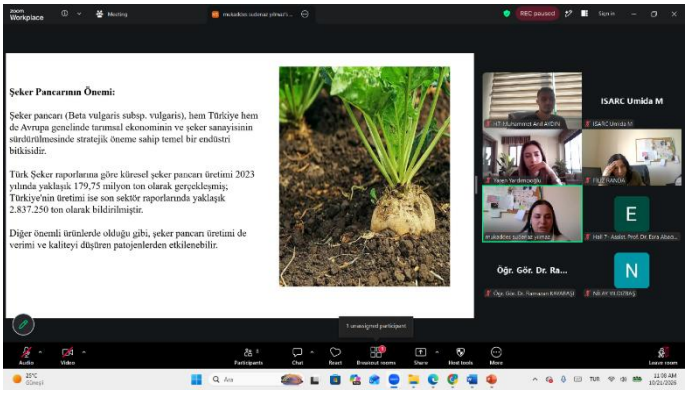

Why does the extraction method matter ?
ISARC Umida M
DAJFRI-DIB Sali...
Naima SAIDENE...


ISARC Umida M
Vince Marcus S...
MAY BARIQUIT


Extraction Yield and Phenolic Enrichment
ISARC Umida M
DAJFRI-DIB Sali...
Naima SAIDENE...

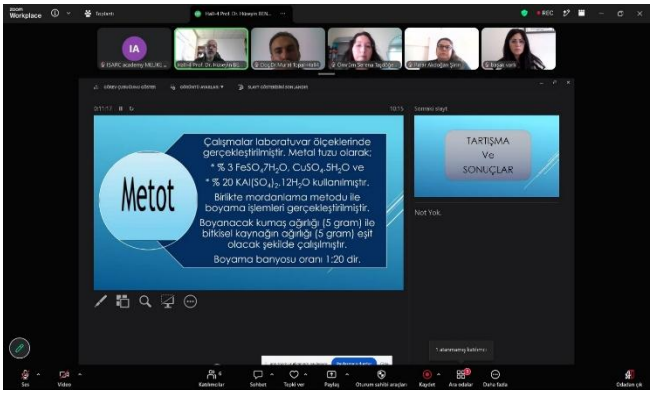

Tablo 3.1 Bazlama üretiminde kullanılan alternatif protein kaynakları ve fermente bakliyagil unu oranları
ISARC Umida M

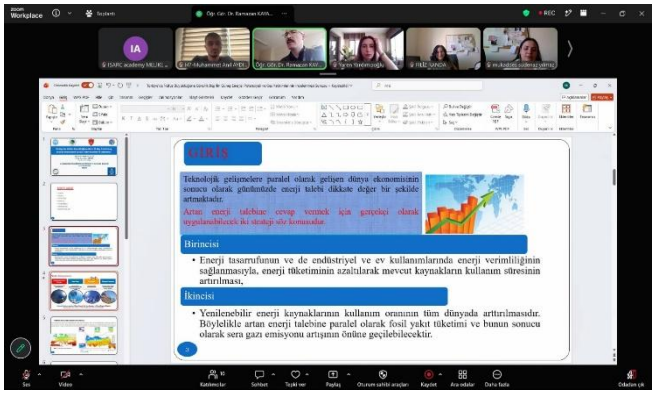

Bulgu 3 · Branşlarda Öne Çıkan Kategoriler (%)
BULGULAR
Türkçe: D4 + O1 = %77,03
Fen: D3 + O1 = %89,91
Sosyal: O1 + D3 + O4 = %99,12
O2 hiçbir branşta yok; O5 yalnız Türkçede (16).
Kaçınma ve güçlendirici çok az: Fen 2, Sosyal 3 kullanım.
ISARC Umida M
Hall 8 - Session...
Xiaomi 2602DP...


Şeker Pancarının Önemi:
Şeker pancarı (Beta vulgaris subsp. vulgaris), hem Türkiye hem de Avrupa genelinde tarımsal ekonominin ve şeker sanayisinin sürdürülmesinde stratejik öneme sahip temel bir endüstri bitkisidir.
Türk Şeker raporlarına göre küresel şeker pancarı üretimi 2023 yılında yaklaşık 179,75 milyon ton olarak gerçekleşmiş; Türkiye'nin üretimi ise son sektör raporlarında yaklaşık 2.837.250 ton olarak bildirilmiştir.
Diğer önemli ürünlerde olduğu gibi, şeker pancarı üretimi de verimi ve kaliteyi düşüren patojenlerden etkilenebilir.
ISARC Umida M
Öğr. Gör. Dr. Ra...


TEMEL BULGULAR
93,25±18,26 DOÖ toplam puan ortalaması
23,86±3,95 BKİ ortalaması (kg/m²)
-0,044 DOÖ ile BKİ arasında anlamlı ilişki yok
DOÖ ile BKİ arasında anlamlı ilişki yok (r=-0,044, p>0,05)


Bu neden bir gıda hijyeni konusu
BPA ve nonilfenole insan maruziyetinin başlıca yolu gıdadır — kaynak ambalaj ve işleme ekipmanıdır.
Bisfenol A
Polikarbonat kaplar
Konserve kuta iç kaplamalarındaki epoksi reçineler
Isı ve yağ ile migrasyon artar
Nonilfenol
PVC streç film
Tris(nonilfenil)fosfit içeren plastikler
Yağlı gıdalara geçişi yüksek
Kritik nokta
Konservede migrasyonun %80-90'ı sterilizasyonda gerçekleşir
121 °C, 50 dakika
Yani bir proses sorunudur
Bulaşının kaynağı ambalaj ve ekipman, kontrol noktası ise üretim hattıdır.


Metot
Çalışmalar laboratuvar ölçeklerinde gerçekleştirilmiştir. Metal tuzu olarak;
* % 3 FeSO4.7H2O, CuSO4.5H2O ve
* % 20 KAl(SO4)2.12H2O kullanılmıştır.
Birlikte mordanlama metodu ile boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir.
Boyanacak kumaş ağırlığı (5 gram) ile bitkisel kaynağın ağırlığı (5 gram) eşit olacak şekilde çalışılmıştır.
Boyama banyosu oranı 1:20 dir.
TARTIŞMA Ve SONUÇLAR
Net Yok.


GİRİŞ
Teknolojik gelişmelere paralel olarak gelişen dünya ekonomisinin sonucu olarak günümüzde enerji talebi dikkate değer bir şekilde artmaktadır.
Artan enerji talebine cevap vermek için gerçekçi olarak uygulanabilecek iki stratejik söz konusudur.
Birincisi
• Enerji tasarrufunun ve de endüstriyel ve ev kullanımlarında enerji verimliliğinin sağlanmasıyla, enerji tüketiminin azaltılarak mevcut kaynakların kullanım süresinin artırılması,
İkincisi
• Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranının tüm dünyada arttırılmasıdır. Böylelikle artan enerji talebine paralel olarak fosil yakıt tüketimi ve bunun sonucu olarak sera gazı emisyonu artışının önüne geçilebilecektir.

Scientific Development and Innovative Approach

TOROS
3rd INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS

October 21–22, 2026 · Mersin, Türkiye

CONGRESS PROGRAM

MEETING ID	PASSCODE	ZOOM LINK
81132281004	889363	https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

PARTICIPANT COUNTRIES (23)

TÜRKİYE	BRAZIL	JORDAN	ROMANIA
ALBANIA	GEORGIA	MOLDOVA	RUSSIA
ALGERIA	GHANA	MOROCCO	SERBIA
AZERBAIJAN	INDIA	NIGERIA	SOUTH AFRICA
BANGLADESH	INDONESIA	PAKISTAN	TANZANIA
BENIN	ISRAEL	PHILIPPINES	VIETNAM

IMPORTANT — PLEASE READ CAREFULLY

› To attend online: go to zoom.us/join, enter Meeting ID and join.
› Zoom is free and no account is required.
› Works on tablets, phones and PCs.
› Connect 5 minutes before your presentation time.
› All participants can connect live and listen to all sessions.
› The moderator is responsible for presentations and Q&A.

TECHNICAL INFORMATION

— Make sure your computer microphone is working.
— Enable the screen sharing feature in Zoom.
— Attendance certificates will be sent as PDF after congress.
— Requests for change of place and time will not be considered.

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-1 · 21 October 2026 · Session-1 · 10:00 – 12:00

DATE	TIME	SESSION
21 October 2026	10:00 – 12:00	Session-1 · Hall-1

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Ezgi KAR

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Assist. Prof. Sevinç EŞER DURMAZ	Kırıkkale University, Türkiye	THE RELATIONSHIP BETWEEN DIGITAL OBESITY, BODY MASS INDEX, AND PHYSICAL ACTIVITY IN YOUNG ADULTS
Assoc. Prof. Dr. Ezgi KAR	Kütahya Sağlık Bilimleri University, Türkiye	THE EFFECT OF NUTRITION ON CELLULAR DESTINY: NUTRITIONAL AND METABOLIC REGULATION OF FERROPTOSIS
Assoc. Prof. Dr. Ezgi KAR	Kütahya Sağlık Bilimleri University, Türkiye	PRECISION NUTRITION IN GLP-1 RECEPTOR AGONIST THERAPY: METABOLIC ADAPTATIONS, BIOCHEMICAL BIOMARKERS, AND CLINICAL OUTCOMES
Esra Zehra UZUN EKİNCİ Assist. Prof. Zeynep Begüm KALYONCU ATASOY	Istanbul Aydin University, Türkiye Sağlık Bilimleri University, Türkiye	PARENTAL MEDIA MEDIATION, FEEDING PRACTICES, AND DIETARY BEHAVIORS AMONG CHILDREN AGED 6–10 YEARS IN TÜRKİYE: A CROSS- SECTIONAL STUDY
Büşra UYSAL Nermin BİLGİÇLİ	Necmettin Erbakan University, Türkiye	THE EFFECT OF FERMENTED LEGUME FLOURS AND ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES BLEND ON SOME PHYSICAL AND SENSORY PROPERTIES OF FLATBREAD (BAZLAMA)
Büşra UYSAL Nermin BİLGİÇLİ	Necmettin Erbakan University, Türkiye	POSSIBILITIES OF FLAXSEED AND CHIA SEEDS POWDER USAGE IN TARHANA PRODUCTION

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-2 · 21 October 2026 · Session-1 · 10:00 – 12:00

DATE	TIME	SESSION
21 October 2026	10:00 – 12:00	Session-1 · Hall-2

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Mehmet ÇİMENTEPE

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Ph.D. SURA RAHIMOVA Ph.D. GUNAY GULIYEVA SOLMAZ ASGEROVA FATIMEYI ZEHRA HIDAYETZADE	Nakhchivan State University, Azerbaijan	INVESTIGATION OF THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION OF ACHILLEA MILLEFOLIUM L. AND SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF ITS POTENTIAL MEDICAL AND BIOLOGICAL APPLICATIONS
SOLMAZ ASGEROVA SURA RAHIMOVA SHABNAM RAHIMLI	Nakhchivan State University, Azerbaijan	THE HISTORICAL DEVELOPMENT OF THE USE OF MEDICINAL PLANTS IN COSMETIC PRODUCTS AND MODERN APPROACHES
Assist. Prof. Mehmet ÇİMENTEPE	Harran University, Türkiye	ANTIMICROBIAL ACTIVITIES OF ZIF-8-BASED NANOCOMPOSITES AGAINST GRAM-POSITIVE AND GRAM-NEGATIVE BACTERIA
Assist. Prof. Dr. Özge ÖZTÜRK ÇİMENTEPE	Harran University, Türkiye	EVALUATION OF THE ANTICANCER PROPERTIES OF NANOFLOWER STRUCTURES: A LITERATURE REVIEW
Assoc. Prof. Dr. Fatih BUDAK Ceren Seda ÇİÇEK BUDAK	Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye Specialist in Political Science and Public Administration, Türkiye	THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS IN HEALTH SERVICES ON PUBLIC POLICY
Assoc. Prof. Dr. Fatih BUDAK Ceren Seda ÇİÇEK BUDAK	Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye Specialist in Political Science and Public Administration, Türkiye	IS DIGITAL HEALTH LITERACY A HEALTH POLICY INSTRUMENT? A CONCEPTUAL POLICY ANALYSIS FOR TÜRKIYE IN THE LIGHT OF GLOBA EXAMPLES
Dr. Tuba BAY KULA	Haydarpaşa Numune Training and Research Hospital, Türkiye	BARRIERS TO HEALTH SERVICES ACCESS FOR CHILDREN WITH DISABILITIES AND THEIR PARENTS: A PUBLIC HEALTH NURSING PERSPECTIVE
Assist. Prof. Hatice OLTULUOĞLU Öğrenci Zeynep TANGÜL	İnonu University, Türkiye	FROM THEORY TO PRACTICE: THE EFFECT OF NURSING STUDENTS' PERCEPTIONS OF BECOMING A NURSE ON THEIR PERCEPTIONS OF INDIVIDUALIZED CARE
Lect. PhD Betül SARI Lect. Halil Can AYDEMİR	Mersin University, Türkiye Tarsus University, Türkiye	A METAPHORICAL PORTRAIT OF A PROFESSION: MEDICAL SECRETARYSHIP THROUGH THE EYES OF STUDENTS

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-3 · 21 October 2026 · Session-1 · 10:00 – 12:00

DATE	TIME	SESSION
21 October 2026	10:00 – 12:00	Session-1 · Hall-3

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Yasin AKKEMİK

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Mehmet BEYAZ Dr. Lütfi BAYYURT	Tokat Gaziosmanpaşa University, Türkiye	MODELING DAIRY PRODUCTION DYNAMICS IN TÜRKİYE USING REGULARIZATION AND LATENT-VARIABLE APPROACHES
Assist. Prof. Yasin AKKEMİK	Kastamonu University, Türkiye	EFFECTS OF WHITE MULBERRY (MORUS ALBA) EXTRACT ON SERUM BIOCHEMICAL PARAMETERS IN RATS EXPOSED TO THE FOOD-CONTACT ENDOCRINE DISRUPTORS BISPHENOL A AND NONYLPHENOL ALONE AND IN COMBINATION: PRELIMINARY FINDINGS
Asst. Prof. Merve BOLAT	Ataturk University, Türkiye	VITAMIN D, FOLATE, AND ZINC: REGULATION OF TREG/TH17 BALANCE AND IMMUNE TOLERANCE
Asst. Prof. Merve BOLAT Dr. Furkan AYKURT Prof. Dr. Fikret ÇELEBİ	Ataturk University, Türkiye	FROM TRANS-MITOPHAGY TO METABOLIC REPROGRAMMING: CELL FATE AFTER MITOCHONDRIAL TRANSFER
Figen ÇELEBİ ÇELİK Nesrin GÜLEZ	University of Health Science, Türkiye	OUR EXPERIENCE WITH TARGETED THERAPIES IN INBORN ERRORS OF IMMUNITY
Fatih Öner Kaya	Maltepe University, Türkiye	PROBABLE ACUTE PANCREATITIS FOLLOWING EXCESSIVE ORAL INTAKE OF A COMMERCIAL RHOPALURUS JUNCEUS (BLUE SCORPION) EXTRACT: A CASE REPORT
Lec. Dr. Muhammed YASUL	Bartın University, Türkiye	NEGLECTED ZOONOTIC PARASITE RISK IN HOME CARE PATIENTS: TRANSMISSION DYNAMICS FROM COMPANION ANIMALS AND PREVENTIVE APPROACHES

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-4 · 21 October 2026 · Session-1 · 10:00 – 12:00

DATE	TIME	SESSION
21 October 2026	10:00 – 12:00	Session-1 · Hall-4

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Hüseyin BENLİ

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Prof. Dr. Hüseyin BENLİ	Kayseri University, Türkiye	EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF THE COVEN (Gypsophila) ROOT AS A NATURAL DYE IN THE COLORING OF WOOL FABRIC
Prof. Dr. Hüseyin BENLİ	Kayseri University, Türkiye	A STUDY ON THE DYEING OF COTTON YARN WITH BIOMATERIALS
Prof. Dr. Mehmet AYDIN Ömrüm Serena Taşdöğen	Bilecik Şeyh Edebali University, Türkiye	SUSTAINABLE MACHINING OF TITANIUM ALLOY (TI-6AL-4V): INVESTIGATION OF RESIDUAL STRESSES UNDER VARIOUS CONDITIONS
Assist. Prof. Pınar AKDOĞAN ŞİRİN Assist. Prof. Caner ŞİRİN Prof. Dr. Mehmet AYDIN	Ordu University, Türkiye	COMPARATIVE ANALYSIS OF DPPH RADICAL SCAVENGING ACTIVITY AND FTIR SPECTRAL CHARACTERISTICS OF GONGOLARIA BARBATA COLLECTED FROM DIFFERENT LOCATIONS IN THE SOUTHERN BLACK SEA
Murat TOPAL Emine Işıl ARSLAN TOPAL Erdal ÖBEK Erdal ÇELİK	Munzur University, Türkiye Fırat University, Türkiye Fırat University, Türkiye İstanbul Teknik University, Türkiye	ACCUMULATION OF BISMUTH AND URANIUM IN TOMATOES EXPOSED TO TREATED WASTEWATER
Murat TOPAL Emine Işıl ARSLAN TOPAL Erdal ÖBEK Erdal ÇELİK	Munzur University, Türkiye Fırat University, Türkiye Fırat University, Türkiye İstanbul Teknik University, Türkiye	MOLYBDENUM AND STRONTIUM ACCUMULATION IN GRAPEVINE LEAVES: MINE GALLERY WATERS
Assist. Prof. Dr. Başak VARLI BİNGÖL	Çankırı Karatekin University, Türkiye	RUTTING RESISTANCE OF KRAFT LIGNIN-FILLED ASPHALT MIXTURES WITH NANOSILICA

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-5 · 21 October 2026 · Session-1 · 10:00 – 12:00

DATE	TIME	SESSION
21 October 2026	10:00 – 12:00	Session-1 · Hall-5

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Musa DEMİRCİ

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Assist. Prof. Uğur ÖZMEN	Manisa Celal Bayar University, Türkiye	EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE ADHESION PROPERTIES OF PVA MATERIALS BONDED BY DISSOLVING IN PURE WATER
Assist. Prof. Dr. Veli ÖZBOLAT	Çukurova University, Türkiye	EFFECT OF CHITOSAN–ALGINATE MIXING RATIO ON THE VISCOELASTIC PROPERTIES AND FLOW BEHAVIOR OF HYDROGEL FORMULATIONS
Assist. Prof. Musa DEMİRCİ	KTO Karatay University, Türkiye	DESIGN AND ANALYSIS OF A REMOTELY CONTROLLED SEED SOWING ROBOT EQUIPPED WITH A SOLAR TRACKING SYSTEM
Lec. Dr. Muhammed Enes YELKOVAN Prof. Dr. Abdullah YILDIZ	Ankara Yıldırım Beyazit University, Türkiye	OPTIMIZATION OF ALL-INORGANIC PEROVSKITE SOLAR CELLS WITH FTO/TiO 2 /CsPbI 3 /CuSCN/Au ARCHITECTURE VIA SCAPS-1D: IMPACT OF THICKNESS AND DEFECT DENSITY
Lec. Dr. Muhammed Enes YELKOVAN Prof. Dr. Abdullah YILDIZ	Ankara Yıldırım Beyazit University, Türkiye	EFFECT OF CsPbI 3 ABSORBER AND TIO 2 TRANSPORT LAYER THICKNESSES ON SOLAR CELL PERFORMANCE: A THEOPRETICAL APPROACH
Lec. Fatma TOPUZ ERYÜRÜK Lec. Dr. Hasan ERYÜRÜK	Afyon Kocatepe University, Türkiye	CONVERGENCE AND INSTITUTIONAL DIVERSIFICATION IN UNIVERSITIES' PRODUCTIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE POLICIES
Lec. Fatma TOPUZ ERYÜRÜK Lec. Dr. Hasan ERYÜRÜK	Afyon Kocatepe University, Türkiye	THE CONCORDANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE POLICIES IN THE FIELD OF EDUCATION IN TURKIYE

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-6 · 21 October 2026 · Session-1 · 10:00 – 12:00

DATE	TIME	SESSION
21 October 2026	10:00 – 12:00	Session-1 · Hall-6

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Kurban KOTAN

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Assist. Prof. Dr. Kurban KOTAN	Manisa Celal Bayar University, Türkiye	THE EFFECT OF VALIDATION-INDUCED DATA LEAKAGE ON FORECASTING PERFORMANCE IN FINANCIAL TIME SERIES
Res. Asst. Neval KARACA ÇAKMAK Assoc. Prof. Dr. Çiğdem İNAN ACI	Harran University, Türkiye Mersin University, Türkiye	UNCERTAINTY IN MULTIMODAL LARGE LANGUAGE MODELS: A SYSTEMATIC REVIEW OF ESTIMATION, CALIBRATION, AND REASONING
Res. Asst. Neval KARACA ÇAKMAK Assoc. Prof. Dr. Çiğdem İNAN ACI	Harran University, Türkiye Mersin University, Türkiye	EXPLAINABILITY IN MULTIMODAL LARGE LANGUAGE MODELS: DO EXPLANATIONS REFLECT VISUAL EVIDENCE?"
Assist. Prof. Muhammed HASDEMİR	Aydın Adnan Menderes University, Türkiye	A NUMERICAL STUDY OF INVASION FRONT PROPAGATION IN A TEMPERED TIME-FRACTIONAL FISHER–KPP MODEL
Assist.Prof. Şule YENİGÜN ALTIN	Bingöl University, Türkiye	FEAR AND HOPE IN CLIMATE CRISIS COMMUNICATION: A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FILMS ‘THE DAY AFTER TOMORROW’ AND ‘2040’
Berat HARMAN	Giresun University, Türkiye	THE RELATIONSHIP BETWEEN HUMAN CAPITAL AND ECONOMIC GROWTH IN THE FRAGILE FIVE COUNTRIES
Fatma Yıldız Çeltek	Bolu Abant İzzet Baysal University, Türkiye	THE EFFECT OF DIGITAL TRANSFORMATION ON SERVICE AND PROCESS INNOVATION IN COMMERCIAL CUSTOMER PROCESSES: THE CASE OF TÜRK TELEKOM

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-7 · 21 October 2026 · Session-1 · 10:00 – 12:00

DATE	TIME	SESSION
21 October 2026	10:00 – 12:00	Session-1 · Hall-7

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Filiz RANDA-ZELYÜT

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Yaren YARDIMCIOĞLU Assist. Prof. Esra ABACIOĞLU GİTMİŞ	Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Türkiye	LANDSCAPE ARCHITECTURE APPROACHES TO THE ADAPTIVE REUSE OF HISTORIC RAILWAYS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF CASE STUDIES FROM TÜRKİYE AND AROUND THE WORLD
Lecturer Dr. Ramazan KAYABAŞI Assist. Prof. MÜJDAT ÖZTÜRK Assoc. Prof. Dr. Faruk KILIÇ	Kayseri University, Türkiye Kırşehir Ahi Evran University, Türkiye Milli Savunma University, Türkiye	AN ANALYSIS OF SOLAR ENERGY POTENTIAL AND SOLAR POWER PLANT INVESTMENTS IN TÜRKİYE'S FIVE MOST POPULOUS PROVINCES
Assoc. Prof. Dr. Faruk KILIÇ Assist. Prof. MÜJDAT ÖZTÜRK Lecturer Dr. Ramazan KAYABAŞI	Milli Savunma University, Türkiye Kırşehir Ahi Evran University, Türkiye Kayseri University, Türkiye	EVALUATING THE VISION OF THE MECCA JOINT DEFENSE AGREEMENT (MECCA PACT) USING FORECASTING
Assist. Prof. Nilay TULUKCU YILDIZBAŞ Res. Assist. Atakan Osman Demircan	İstanbul University, Türkiye	AN ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF WILDLIFE DEVELOPMENT AREAS IN TURKEY IN LIGHT OF JUDICIAL DECISIONS BASED ON 2003–2025 POPULATION DATA
Dr. Muhammet Anıl AYDIN Prof. Dr. Gülsüm ÖZTÜRK	Ege University, Türkiye	MICROPROPAGATION OF 'YEDIVEREN' LEMON
Dr. Muhammet Anıl AYDIN Prof. Dr. Gülsüm ÖZTÜRK	Ege University, Türkiye	EFFECT OF KINETIN ON IN VITRO PROPAGATION OF KALANCHOE
Mukaddes Sudenaz Yılmaz Assoc. Prof. Dr. Filiz RANDA-ZELYÜT	Bilecik Seyh Edebali University, Türkiye	A NEW THREAT TO SUGAR BEET PRODUCTION IN EUROPE: 16SrXII-A AND 16SrXII-P GROUP PHYTOPLASMAS
Mukaddes Sudenaz Yılmaz Assoc. Prof. Dr. Filiz RANDA-ZELYÜT	Bilecik Seyh Edebali University, Türkiye	EPIDEMIOLOGICAL ASSESSMENT OF PHYTOPLASMA DISEASE AGENTS OCCURRING IN VINEYARD AREAS OF TÜRKİYE

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-8 · 21 October 2026 · Session-1 · 10:00 – 12:00

DATE	TIME	SESSION
21 October 2026	10:00 – 12:00	Session-1 · Hall-8

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Halil Erdem ÇOCUK

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Dr. Pelin Atila Yörük	Ankara University, Türkiye	RESTRICTION OF SHARE TRANSFER BY INHERITANCE UPON THE DEATH OF THE FOUNDER IN JOINT-STOCK COMPANIES: THE EFFECT OF STATUTORY RESTRICTION (TCC ART. 493) AND "KEY PERSON" CLAUSES
Esmira Rahimova Zakir qızı	ESMİNUR Tədris Mərkəzi və Mini Bağçanın direktoru, Azerbaijan	THE KHOJALY TRAGEDY: IN THE CONTEXT OF HISTORICAL MEMORY, HUMAN RIGHTS, AND INTERNATIONAL LAW
Kushbakht AYESHA Assist. Prof. Dr. Server Sevil AKYUREK	Istanbul Nisantasi University, Türkiye	INVESTIGATING THE IMPACT OF LEADERSHIP COMPETENCIES ON SUSTAINABILITY OUTCOMES IN LARGE ORGANISATIONS: AN EXAMPLE OF THE PAKISTAN CONTEXT
Dr. Serkan FURTUN Prof. Dr. Ömer Tuğrul KARA	Recep Tayyip Erdoğan University, Türkiye Çukurova University, Türkiye	THE RHETORIC OF TEXTBOOKS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF METADISCOURSE MARKERS IN LOWER SECONDARY TURKISH, SCIENCE, AND SOCIAL STUDIES TEXTBOOKS
Şifa Hatun ŞAHİN Cansu İrem SOLAK Assoc. Prof. Dr. Halil Erdem ÇOCUK	Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye	FROM HEARING TO COMPREHENSION: THE TRANSFORMATION OF LISTENING SKILLS IN TURKISH LANGUAGE CURRICULA DURING THE REPUBLICAN ERA
Cansu İrem SOLAK Şifa Hatun ŞAHİN Assoc. Prof. Dr. Halil Erdem ÇOCUK	Karamanoğlu Mehmetbey University, Türkiye	FROM COURSE TO COMPETENCY: THE TRANSFORMATION OF FOLK CULTURE EDUCATION IN THE TURKISH EDUCATION SYSTEM (2006–2024)

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-9 · 21 October 2026 · Session-1 · 10:00 – 12:00

DATE	TIME	SESSION
21 October 2026	10:00 – 12:00	Session-1 · Hall-9

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Ömer YILMAZ

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Dr. Cihan KARA	Karabük University, Türkiye	THE EFFECTS OF WORKPLACE INCIVILITY ON EMPLOYEES'S PSYCHOLOGICAL WELL-BEING MOTİVATİON AND TASK PERFORMANCE
Dr. Cihan KARA	Karabük University, Türkiye	THE IMPACT OF LEARNING ORGANIZATION CLİMATE ON EMPLOYEES' INNOVATIVE WORK BEHAVIORS AND ORGANİZATIONAL AGILITY
Dr. Coşkun SAĞLIK	Independent Researcher, Türkiye	MIGRATION AND PLACE: A THEORETICAL ASSESSMENT OF THE SEMANTIC TRANSFORMATION AND CONSTRUCTION OF PLACES OF BELONGING AND VISITATION
Dr. Coşkun SAĞLIK	Independent Researcher, Türkiye	THE TRANSFORMATION OF THE IMAGE OF WOMEN THROUGH THE FEMINIZATION OF MIGRATION: AN ISLAMIC-FEMINIST DISCUSSION OF MUSLIM WOMEN MIGRANTS IN TÜRKİYE IN THE CONTEXT OF FEMINIST THEOLOGY, POST-ISLAMIST FEMINISM, AND ISLAMIC MOVEMENTS
Assist. Prof. Aylin ARICI	Istanbul University-Cerrahpasa, Türkiye	WHERE IS HOME? LONELINESS, PLACE ATTACHMENT, AND BASIC PSYCHOLOGICAL NEED SATISFACTION AMONG OLDER ADULTS BY HOUSING TENURE AND LIVING ARRANGEMENTS
Assoc. Prof. Dr. Ömer YILMAZ	Namık Kemal University, Türkiye	THE IMPACT OF KUFA'S COSMOPOLITAN DEMOGRAPHIC STRUCTURE ONTHE EMERGENCE OF HANAFISM

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-10 · 21 October 2026 · Session-1 · 10:00 – 12:00

DATE	TIME	SESSION
21 October 2026	10:00 – 12:00	Session-1 · Hall-10

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Dr. Selin DAVUN

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Öznur KARADEMİR Assoc. Prof. Dr. Cengiz ŞAHİN	Ankara Yıldırım Beyazıt University, Türkiye	EVALUATION OF THE HISTORIC TANNERY FACTORY IN SAFRANBOLU IN TERMS OF INDUSTRIAL HERITAGE AND PROPOSALS FOR RE- FUNCTIONALIZATION
Dr. Selin DAVUN	Sultanbeyli District Health Directorate, Türkiye	TRENDS AND REGIONAL DIFFERENCES IN CESAREAN AND PRIMARY CESAREAN DELIVERY RATES IN TÜRKIYE, 2022–2025
Sena ÜNLÜ Zeynep Zeliha SATILMIŞOĞLU	Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Türkiye	VAGINALLY LOCATED MÜLLERIAN ADENOSARCOMA WITH SARCOMATOUS OVERGROWTH AND RHABDOMYOBLASTIC DIFFERENTIATION IN AN ADOLESCENT: A CASE REPORT
Sena ÜNLÜ	Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Türkiye	ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SOCIAL MEDIA ON ORAL CONTRACEPTIVE USE AMONG WOMEN: A CROSS-SECTIONAL SURVEY STUDY
Dr. Semahat Doruk	Çankırı Karatekin University, Türkiye	EFFECT OF READING-STREAM STABILISATION AND INDEPENDENT RE- PREPARATION ON THE RELIABILITY OF TRANSIENT THERMAL-CONDUCTIVITY MEASUREMENTS OF Al 2 O 3 AND CuO NANOFLUIDS

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-1 · 21 October 2026 · Session-2 · 11:00 – 13:00

DATE	ANKARA LOCAL TIME	SESSION
21 October 2026	11:30 – 13:30	Session-2 · Hall-1

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Deilton RIBEIRO BRASIL

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Assoc. Prof. Dr. Omer Shujat Bhatti Prof. Dr. Muhammad Asad Ghufran Meharunisa Butt Lect. Fahad Khan Assist. Prof. Dr. Kabeer Ud Din Naseer	School of Architecture & Planning, Pakistan International Islamic University Islamabad, Pakistan	GOVERNING ROAD SAFETY IN URBAN SOUTH ASIA: PUBLIC PERCEPTIONS AND POLICY STRATEGIES FOR ANIMAL–VEHICLE COLLISIONS IN LAHORE, PAKISTAN
Assoc. Prof. Dr. Omer Shujat Bhatti Prof. Dr. Muhammad Asad Ghufran Assist. Prof. Dr. Rashid Ali Khan Assist. Prof. Dr. Naveed ur Rehman Anwar Alishpa Naveed	University of Management and Technology, Pakistan International Islamic University Islamabad, Pakistan	MITIGATING URBAN FRAGMENTATION: A COMPARATIVE ASSESSMENT OF GREEN BRIDGING FOR PERI-URBAN LANDSCAPE RESILIENCE.
Assoc. Prof. Dr. Omer Shujat Bhatti Prof. Dr. Muhammad Asad Ghufran Prof. Ar. Dr. Waqas Ahmed Mahar Assoc. Prof. Dr. Ar. Reena Majid Memon Ar. Naveed Iqbal	University of Management and Technology, Pakistan International Islamic University Islamabad, Pakistan National University of Sciences and Technology, Pakistan Dawood University of Engineering and Technology, Pakistan	MOVEMENT AND NEED-BASED FACILITIES IN HIGH-RISE BUILDINGS
Ijeoma C Ogbonnaya	University of the Free State, South Africa	THE IMPLEMENTATION OF GAMIFICATION USING WORDWALL FOR TEACHING COMMERCE MODULES AT THE UNIVERSITY OF THE FREE STATE
Prof. A. M. Hassan Mohammed Zakari Ibrahim Hissah	Federal University of Technology Minna, Nigeria	ENTREPRENEURIAL SKILLS ACQUISITION AND SELF-EMPLOYMENT READINESS AMONG TECHNICAL COLLEGE GRADUATES IN NIGER STATE
Assist. Prof. Rabiya Husain Ajit Kumar Prof. (Dr.) Dhananjoy Shaw	Ambedkar University, India Indira Gandhi Institute of Physical Education and Sports Sciences, India	COMPARATIVE ANALYSIS OF BILATERAL PEAK FORCE SYMMETRY IN SPORTS AND NON-SPORTS GIRLS UNDER PROGRESSIVE BACKPACK LOADS AND WALKING DURATIONS
Deilton RIBEIRO BRASIL	University of Itaúna, South America	AGING AND LONGEVITY WITH DIGNITY: AUTONOMY AND THE RIGHT TO CARE UNDER BRAZIL'S NATIONAL CARE POLICY (LAW No. 15,069 OF DECEMBER 23, 2024)
Assist. Prof. Farhana Naz	Lahore College for Women University, Pakistan	DESIGNING INCLUSIVE LEARNING ENVIRONMENTS: THE ROLE OF INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY IN SUPPORTING NEURODIVERGENT STUDENTS

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-2 · 21 October 2026 · Session-2 · 11:00 – 13:00

DATE	ANKARA LOCAL TIME	SESSION
21 October 2026	11:30 – 13:30	Session-2 · Hall-2

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Tasawar Iqbal

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Dr. Bela Inayat Dr. Ayesha Jamil	Khyber Girls Medical College, Pakistan	IMPACT OF MATERNAL MICRONUTRIENT SUPPLEMENTATION ON NEONATAL BIRTH OUTCOMES
Junaid Uthman Abayomi Kouyate Ibrahim Junior Safiya Samaila Kogo Itua Uyiosenobua Busayo	Osun State University, Nigeria Far Eastern Federal University, Russia St. Petersburg State Pediatric Medical University, Russia College of Environmental Resources Management, Nigeria	CLINICAL EVALUATION OF NEONATAL MORBIDITY, MORTALITY, AND MATERNAL HEALTH OUTCOMES FOLLOWING KANGAROO MOTHER CARE IMPLEMENTATION
Akano Blessing Anuoluwapo Junaid Uthman Abayomi Alonge-Niyi Oreoluwa Ige Emmanuel Jesutofunmi	Osun State University, Nigeria	A COMPARATIVE READING OF SATIRICAL EXPLORATION IN CHINELO OKPARANTA'S HARRY SYLVESTER BIRD AND GEORGE ORWELL'S ANIMAL FARM
Junaid Uthman Abayomi Kouyate Ibrahim Junior Safiya Samaila Kogo Itua Uyiosenobua Busayo Alonge-Niyi Oreoluwa	Osun State University, Nigeria Far Eastern Federal University, Russia St. Petersburg State Pediatric Medical University, Russia College of Environmental Resources Management, Nigeria	EFFECT OF CO-DIGESTION OF COW DUNG WITH CASSAVA WASTEWATER ON BIOGAS PRODUCTION
Junaid Uthman Abayomi Kouyate Ibrahim Junior Safiya Samaila Kogo Oyebola Oreoluwa Elizabeth	Osun State University, Nigeria Far Eastern Federal University, Russia St. Petersburg State Pediatric Medical University, Russia	ASSESSMENT OF KNOWLEDGE, ATTITUDE AND PRACTICE ON REPRODUCTIVE HEALTH, MENSTRUAL HYGIENE AND BODY SAFETY AMONG NIGERIAN ADOLESCENT STUDENTS
Prof Mamta Sharma Prof Sandeep K Sharma	University of Delhi, India	WHEN CLIMATE SHOCKS MOVE PEOPLE: INTERNAL DISPLACEMENT AND URBAN HEALTH SPILLOVERS IN THE GLOBAL SOUTH
Nodar Sulashvili Olga Shapoval Maka Buleishvili Irina Imerlishvili Nato Alavidze Nino Abuladze Marika Sulashvili Igor Seniuk Vira Kravchenko Ketevani Gabunia	David Agmashenebeli University of Georgia, Georgia	THE SCHOLARLY DISQUISITION ON THE RECONFIGURATION OF CANCER VACCINE SCIENCE: NEOANTIGEN ENGINEERING, IMMUNOGENICITY, TUMOR-MICROENVIRONMENT MODULATION, PRECISION IMMUNOTHERAPY, CLINICAL TRANSLATION, MOLECULAR DESIGN, IMMUNE-RESPONSE OPTIMIZATION, THERAPEUTIC PERSONALIZATION, AND FUTURE ORIENTED ONCOLOGICAL INNOVATION
Tasawar Iqbal Sidra Altaf	University of Agriculture, Pakistan	ROLE OF REGULATORY T CELLS (TREGS) IN CANCER THERAPY: MECHANISMS, CHALLENGES, AND THERAPEUTIC POTENTIAL

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-3 · 21 October 2026 · Session-2 · 11:00 – 13:00

DATE	ANKARA LOCAL TIME	SESSION
21 October 2026	11:30 – 13:30	Session-2 · Hall-3

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Aurora Braçe

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Salma MAKDOUF Karima El Bouqdaoui Abdelhakim El Makssoudi Mounia Cherki	Hassan II University of Casablanca, Morocco Higher Institute of Nursing and Health Techniques, Morocco	COMPARATIVE STUDY OF THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION OF FUMARIA PARVIFLORA FROM CASABLANCA, EL JADIDA AND KHOURIBGA OF MOROCCO
Aurora Braçe	Albanian University	THE ROLE OF PHARMACISTS IN HEALTH EDUCATION AND NUTRITIONAL STRATEGIES IN SPORT AND FITNESS
Assiya Atif Bendaoud Ahmed Salah Mohammed Zeroual abdellah Houssine Ait Sir	Chouaib Doukkali University, Morocco	THEORETICAL INSIGHTS INTO 1,3,4-OXADIAZOLE DERIVATIVES: A COMPARATIVE STUDY
Maryem Arraji Khaoula EL BARBI Fatima Zahra BOUCHACHI Mohamed Khalis Mohamed Chahboune	Hassan First University of Settat, Morocco Mohammed VI Center of Research and Innovation, Morocco Mohammed VI University of Health Sciences, Morocco Higher Institute of Nursing Professions and Technical Health, Morocco Mohamed V University in Rabat, Morocco	USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR MEDICATION ADHERENCE ASSESSMENT IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES: AN EXPLORATORY STUDY IN MOROCCO USING ChatGPT AND THE VALIDATED GENERAL MEDICATION ADHERENCE SCALE
Academician Prof Dr Ivan PAVLOVIĆ Prof Dr Jovan BOJKOVSKI Prof Dr Vesna KARAPETKOVSKA HRISTOVA PhD Aleksandra TASİĆ MSc Ivanka HADŽIĆ	Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Serbia Medicine University in Belgrade, Serbia University “St. Kliment Ohridski” Bitola, N. Macedonia Care and Therapy of Cattle Foot of Serbia	THE IMPORTANCE OF HAEMONCHUS CONTORTUS IN THE PATHOLOGY OF SMALL RUMINANTS
Hicham Aboumadane Lahcen Hssaini Jamila Bahhou Abdelaaziz Nogot Nouha Haoudi Rachid Razouk	National Institute for Agricultural Research, Morocco University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Morocco University of Moulay Ismail, Morocco	OPTIMIZATION OF NITROGEN FERTILIZATION UNDER DIFFERENT WATER REGIMES
ZOUNDJI Ghislain WARI ABOUBAKAR Moussa ASSOGBA A. Sylvestre SODJI Jean AZIAN Donatien DJIMOUKO Sabine	University of Abomey-Calavi (UAC), Benin	LAND-USE FACTORS IN THE COMMUNE OF DANGBO (BENIN)
TANMAKPI Jaurès AKOGBETO Nadine GOUTHON Gilchrist Fabrice SEHOUBO Lambert Ella Tano Mehsou Mylène SOSSOU Camus	University of Abomey-Calavi (UAC), Benin	STRENGTHS AND CONSTRAINTS OF MARKET GARDENING IN THE COMMUNE OF DJIDJA

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-4 · 21 October 2026 · Session-2 · 11:00 – 13:00

DATE	ANKARA LOCAL TIME	SESSION
21 October 2026	11:30 – 13:30	Session-2 · Hall-4

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Prof. Mohammed Waheeb

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Ebole Alpha Friday Aremu Idris Abiodun Ayinde Yusuf Olatunji	Lagos State University of Science and Technology, Nigeria	AN INTEGRATED CYBERSECURITY FRAMEWORK FOR SECURING CONNECTED DIGITAL ECOSYSTEMS (DE)
Moses Adeolu AGOI Andrew Ayanfeola OKE Micheal Olayemi OLADUNJOYE Hendri Hermawan ADINUGRAHA	Lagos State University of Education, Nigeria Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Nigeria	BIOCOMPUTING SYSTEMS FOR MICROBIOME DNA DATA ANALYTICS AND AI- DRIVEN PERSONALIZED DIETARY THERAPY: COMPUTATIONAL METHODS, PREDICTIVE MODELLING, AND PRECISION NUTRITION INNOVATIONS
Ayoub LAHBOUB Fatima Ezzahrae SOUAIDI Imade CHOULLI Abdelfattah ELHAMMOUDY Ismail ABAZINE Brahim El FAHMI	Ibn Zohr University, Morocco	NUMERICAL SOLVER IMPACT ON THE ACCURACY OF FIVE-PARAMETER PHOTOVOLTAIC SINGLE-DIODE MODEL IDENTIFICATION
Assist. Prof. S. Santhosh Kumar	St. Joseph University in Tanzania, East Africa	BIOHYDROGEN: ADVANCING SUSTAINABLE ENERGY THROUGH GREEN FUEL TECHNOLOGY
Prof.Mohammed Waheeb	The Hashemite University, Jordan	THE NICOLAI DATE (NICOLAI) IN JORDAN THROUGH THE AGES: AN ARCHAEOLOGICAL AND HISTORICAL READING IN LIGHT OF THE RESULTS OF FIELD STUDIES
Prof.Mohammed Waheeb	The Hashemite University, Jordan	RELIGIOUS RITUAL AND COMMUNAL MEMORY: READING THE LOCAL ETHNOGRAPHY OF EPIPHANY PILGRIMS AND THE HOLY WATER AT AL-MAGHTAS, ON THE EAST BANK OF THE JORDAN RIVER
Prof. Mohammed Waheeb	The Hashemite University, Jordan	CIVILIZATION OF ADD AND THAMUD THROUGH ARCHAEOLOGICAL DISCOVERIES IN THE NORTHERN ARABIAN PENINSULA AND SOUTHERN LEVANT
Dr. AISSI Jean-Roitinos	University of Abomey-Calavi (UAC), Benin	SUSTAINABLE TOURISM AND ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE LOWER OUÉMÉ VALLEY IN BENIN: CHALLENGES, PRACTICES, AND PROSPECTS FOR THE SUSTAINABLE USE OF NATURAL RESOURCES
PhD Roxana Mihaela Moisoiu	Constantin Stere University (USPEE) Moldova	THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON REDUCING GLOBAL POVERTY: OPPORTUNITIES, CHALLENGES, AND SUSTAINABLE SOLUTIONS

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-5 · 21 October 2026 · Session-2 · 11:00 – 13:00

DATE	ANKARA LOCAL TIME	SESSION
21 October 2026	11:30 – 13:30	Session-2 · Hall-5

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Emmanuel Lamptey

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
KABIRU, Faruk ABUBAKAR, Ayuba DAHIRU, Bashar	Shehu Shagari University of Education of Education Sokoto, Nigeria Adamu Augie College of Education, Nigeria	EFFECT OF THE HEURISTIC APPROACH TO TEACHING GEOMETRY CONCEPTS ON THE ACADEMIC PERFORMANCE OF JUNIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN KEBBI STATE: IMPLICATIONS FOR HOLISTIC REFORM AND EXCELLENCE IN BASIC EDUCATION
Ibrahim Umar Mohammad Bashir Isma'il Hussaini Muhammad Idris Saidu	Umaru Sanda Ahmadu College of Education, Nigeria	BEYOND THE CLASSROOM AND THE LEDGER: INTEGRATING STEM EDUCATION WITH ISLAMIC MICROFINANCE FOR SUSTAINABLE YOUTH ENTREPRENEURSHIP
Alhassan Mohammed Muhammad Muhammad Inti Jamilu Mustapha Chedi Samaila Hamza	Umaru Sanda Ahmadu College of Education, Nigeria Abubakar Tafawa Balewa University, Nigeria	OBJECTIVES AND CONTENT REQUIRED FOR DEVELOPING A THINKING- BASED LEARNING MODULE IN FABRICATION AND WELDING IN TECHNICAL COLLEGES IN NORTH-CENTRAL NIGERIA
Youness Elmaddah Jaouad Igbida Brahim Ennassiri Abdelilah Kaddar Noureddine Elharrar	Chouaib Doukkali University, Morocco	DYNAMICS OF LEARNING: A THEORETICAL MATHEMATICAL AND SCENARIO-BASED APPROACH
Eze, Foluke Bosede Oboturi, Georgina Ewetan	Federal University Otuoke, Nigeria	SUPER BRAIN YOGA AS AN INSTRUCTIONAL INTERVENTION FOR MATHEMATICS ACHIEVEMENT AMONG PRIMARY SCHOOL PUPILS IN BAYELSA STATE, NIGERIA
Emmanuel Lamptey	University of Health and Allied Sciences, Ghana	CONSTRUCTING PROFESSIONAL IDENTITY THROUGH DIGITAL DISCOURSE: A PRELIMINARY THEMATIC NETWORK ANALYSIS OF 2025 WORLD ANATOMY DAY
Salima DJAFRI-DIB Naima SAIDENE Nawel GUENAOUI Drifa YALAOUI-GUELL Nadia OUCHEMOUKH-AMSISSE Khodir MADANI Salim OUCHEMOUKH	Université de Bejaia, Algeria Université de Bouira, Algeria	PRODUCTION AND STABILITY CHARACTERIZATION OF A LIPOPEPTIDE BIOSURFACTANT PRODUCED BY ALCALIGENES AQUATILIS
Naima Saidene Radia Kadi Nassima Chaher-Bazizi Dina Atmani-Kilani Djebbar Atmani Sid Ali Zaidi Nadjet Debbache-Benaida Salima Dib-Djafri Nawel Guenaoui	Université de Bejaia, Algeria Campus Universitaire, Algeria	EXTRACTION-DEPENDENT BIOLOGICAL ACTIVITIES OF CRATAEGUS LACINIATA LEAVES: BEYOND PHENOLIC RECOVERY

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-6 · 21 October 2026 · Session-2 · 11:00 – 13:00

DATE	ANKARA LOCAL TIME	SESSION
21 October 2026	11:30 – 13:30	Session-2 · Hall-6

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Dr. Valery V. BELAKHOV

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Dr. Valery V. BELAKHOV	Israel Institute of Technology, Israel	DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR THE RATIONAL SEARCH FOR SEMI-SYNTHETIC DERIVATIVES OF ANTIFUNGAL POLYENE MACROLIDE ANTIBIOTICS
BELLIL Zahra BELLIL Dassine	Campus Universitaire, Algérie Université de Bejaia, Algérie	VALORIZATION OF PLANT-BASED AGRO-FOOD BY-PRODUCTS AS SOURCES OF BIOACTIVE COMPOUNDS WITH ANTIMICROBIAL POTENTIAL: PERSPECTIVES FOR FOOD SAFETY
Hicham EL-BOUKHARY Hamza ELKISSANY Adil LAAZIZ Abdelouahed HAJJAJI	Sultan Moulay Slimane University, Morocco Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco	PLANT-ASSOCIATED PENICILLIUM SPP.: HOST DIVERSITY, TISSUE DISTRIBUTION, AND BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL
Meknassia DEBBAL Tarık Mohammed CHAOUCHE Farah HADDOUCHI Farah DJELTI Souad SENHADJI	Abou-Bekr Belkaïd University, Algeria	FOOD FRAUD IN THE MEDITERRANEAN SUPPLY CHAIN: ADVANCED ANALYTICAL FINGERPRINTING, CHEMOMETRIC AUTHENTICATION, AND EMERGING DETECTION TECHNOLOGIES FOR HIGH-VALUE AGRO-FOOD PRODUCTS
Bouteldja Naima Mammeri Adel Ali Haimoud Safia	University of M'sila, Road Bourdj Bou-Arreiridj, Algeria University of Biskra, Algeria Hassiba Benbouali University of Chlef, Algeria	BRIDGING THE PERCEPTION–TASTE GAP: UNVEILING THE SENSORY PARADOX IN ALGERIAN CONSUMERS' ACCEPTANCE OF FARMED TILAPIA
Farida Khammar Samira Boumous Zouhir Boumous	University of Souk Ahras, Algeria	MACHINE LEARNING-ASSISTED MODELING OF HYDROGEN STORAGE SYSTEMS: PREDICTIVE PERFORMANCE ASSESSMENT AND IDENTIFICATION OF KEY MATERIAL DESCRIPTORS
Sabrina Roguai Touares Abdelhay	Abbes Laghrour University, Algeria	ANALYSIS OF THE STRUCTURAL, MICROSTRUCTURAL, AND OPTICAL PROPERTIES OF Ni-SnO 2 films BY PSP METHOD
Alhassan Yunusa Alkali Adamu Aliyu Z.Beji Hassan Gimba Suleiman Abduraman Mohammed	Minna Institute of Technology and Innovation, Nigeria	ASSESSMENT OF THE ADOPTION OF INFORMATION TECHNOLOGY TOOLS AT THE PRE-CONTRACT PHASE OF METALWORK PROJECTS IN NIGER STATE, NIGERIA

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-7 · 21 October 2026 · Session-2 · 11:00 – 13:00

DATE	ANKARA LOCAL TIME	SESSION
21 October 2026	11:30 – 13:30	Session-2 · Hall-7

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: DR. NURADEEN USMAN DINGYADI

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Elvie Aliñabon Khean Harry S. Begasa Niño Belarmino Kiano Jay Codiñera Roque Echavez Raysa Ruth R. Espinosa Mary Sheena Natad Atasha Ashley Paran Caren C. Sasan	St. Cecilia's College, Philippines	FINANCIAL RESILIENCE OF PHILIPPINE STOCK EXCHANGE-LISTED PRIVATE EDUCATIONAL INSTITUTION: A DESCRIPTIVE-COMPARATIVE ANALYSIS BEFORE, DURING, AND AFTER THE COVID-19 PANDEMIC
Rose Marie V. Yuzon Crystel Anne A. Cabarrubias Kristel Mae D. Sasana Aina B. Banto Missy Nicolette F. Manyaga Vince Marcus V. Sabuero May Z. Bariquit Lynnete R. Gentica Rosemarie B. Nuñez Caren C. Sasan	St. Cecilia's College- Cebu, Philippines	EFFECT OF NEWS SENTIMENTS ON STOCK PRICES: CASE OF CONVERGE ICT, PLDT, AND GLOBE TELECOM
Rowena A. Villarmea Kurt Russell P. Paradela Rolando P. Regis Jr. Ailen D. Patatag Jeah Alchyne P. Macalos Crina A. Baguhin Reamae A. Delima Louise Niño S. Almendras Earl Stephen Cabiluna Caren C. Sasan	St. Cecilia's College- Cebu, Philippines	FINANCIAL SUSTAINABILITY OF SELECTED MANUFACTURING FIRMS IN THE PHILIPPINES
PhD. Student Elena Denisa MATEEVICI Assoc. Prof. Dr. Ivona RĂPAN PhD. Student Miahela PANAIT PhD. Anca CRISTEA	Romanian Academy, Romania "Valahia" University of Târgoviște, Romania	THE SOCIAL ECONOMY AND VULNERABLE GROUPS: EMPLOYMENT OPPORTUNITIES AND BARRIERS TO ACCESS
Dragana Baturan Petar Vrgović	Science and technology park Novi Sad, Serbia University of Novi Sad, Serbia	EMPLOYEE CREATIVITY AS A FACTOR IN SUCCESSFUL EVENT MANAGEMENT IN CREATIVE INDUSTRIES: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW
DR. NURADEEN USMAN DINGYADI	FEDERAL UNIVERSITY OF EDUCATION, Nigeria	PUBLIC POLICY ANALYSIS: CONCEPTS, APPROACHES, CHALLENGES AND ITS ROLE IN EFFECTIVE GOVERNANCE
Adamu Sani Gora Garba Yusif	Zamfara State University, Nigeria	PERCEIVED CONSTRAINTS TO COWPEA PRODUCTION AND FARMERS' PRIORITIES FOR SUPPORT IN TAURA LOCAL GOVERNMENT AREA, JIGAWA STATE, NIGERIA

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-8 · 21 October 2026 · Session-2 · 11:00 – 13:00

DATE	ANKARA LOCAL TIME	SESSION
21 October 2026	11:30 – 13:30	Session-2 · Hall-8

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Dr Sarah Shahid

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Vikram Chandu V Jeevan Jacob Varghese Aparna Venkatakrishnan	Rajiv Gandhi Institute of Veterinary Education and Research, India	ENTERIC DIALYSIS IN VETERINARY NEPHROLOGY
Md Javed Alam Nirmal Chandra Mahat	Islamic University Bangladesh	GENOMIC-CLINICAL SURVEILLANCE AND EARLY-WARNING APPROACHES FOR ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN INTENSIVE CARE AND HOSPITAL ENVIRONMENTS
Dr Sarah Shahid	Khyber Girls Medical College, Pakistan	PHYSICAL ACTIVITY, SYSTEMIC INFLAMMATION AND LEFT VENTRICULAR FUNCTION IN ST ELEVATED MYOCARDIAL INFARCTION: DOES DURATION OF DIABETES MATTER?
Ardian Braho Ariel Çomo	Psychiatric Hospital, Albania	FIRST-EPISODE PSYCHOSIS IN PSYCHIATRIC EMERGENCY CARE
Tedi Minarolli Birkena Qirjazi	University Hospital Center “Mother Theresa,” Albania	ORBITAL COMPLICATIONS OF RHINOSINUSITIS: CLINICAL PRESENTATION, DIAGNOSIS AND MANAGEMENT
VORONEANU-POPA Rareș-Vasile CONSTANTINESCU Richard	”Grigore T. Popa” University of Medicine and Pharmacy of Iași, Romania	THE LIMITS OF INTERFERENCE IN PATIENT DECISION-MAKING
DOROTHY AKPOVYE BAGE-JOHN	Federal University of Lafia, Nigeria	SOCIAL HEALTH IMPLICATIONS OF SKIN BLEACHING AMONG RESIDENTS OF NASARAWA STATE, NIGERIA
Zakia HAMMOU Yamna HAMMOU Zakia GUEZZEN Zouaoui SEREIR	University of Science and Technology of Oran, Algeria	STABILITY ANALYSIS OF FUNCTIONALLY GRADED SHALLOW SHELLS REINFORCED WITH GRAPHENE

ONLINE PRESENTATIONS

21.10.2026

ONLINE · Hall-9 · 21 October 2026 · Session-2 · 11:00 – 13:00

DATE	ANKARA LOCAL TIME	SESSION
21 October 2026	11:30 – 13:30	Session-2 · Hall-9

Meeting ID: 81132281004 | **Passcode: 889363** | **Link:** https://us06web.zoom.us/j/81132281004?pwd=2KBfHv8PuyafJf1NmO779vsczdiy84.1

HEAD OF SESSION: Le Thi Minh Que

AUTHOR(S)	ORGANISATION	TOPIC TITLE
Iurie MIHALACHE Nicolae ZAVULAN	University of European Political and Economic Studies, Republic of Moldova	VITIATED CONSENT VIA DEEPFAKE TECHNOLOGY IN DIGITAL BANKING TRANSACTIONS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF FRAUD AND MISTAKE UNDER MOLDOVAN CIVIL LAW AND EUROPEAN UNION FRAMEWORKS
Ngo Hien Long Nguyen Thi Yen Nhi Cao Kim Nhuong	Thu Dau Mot University, Vietnam	LEGAL LIABILITY FOR THE COLLECTION AND PROCESSING OF STUDENTS' PERSONAL DATA IN YOUTH UNION AND STUDENT ASSOCIATION ACTIVITIES
Pham Van Vinh	Ho Chi Minh City Bar Association, Vietnam	THE PENALTY DOCTRINE THROUGH THE LENS OF THE THEORY OF CONTRACTUAL REMEDIES
Sozanolo TELAUMBANUA Desi SIANIPAR	Sekolah Tinggi Teologi Setia Jakarta, Indonesia Universitas Kristen Indonesia, Indonesia	BEYOND STEWARDSHIP: NON-HUMAN AGENCY IN BIBLICAL HEBREW AS A FOUNDATION FOR ECOLOGICAL CHRISTIAN RELIGIOUS EDUCATION
Le Thi Minh Que C. Vairavan	Academy of Maritime Education and Training (AMET), India	AI-MEDIATED ROLE-PLAY AND L2 INTERACTIONAL COMPETENCE IN ENGLISH FOR SPECIFIC PURPOSES: A CRITICAL NARRATIVE REVIEW
Mr. S. RAMARAJU Dr. C. VAIRAVAN	Deemed to be University, India	ABJECTION, MELANCHOLIA AND THE SEMIOTIC RETURN: A KRISTEVAN READING OF LOUISE ERDRICH'S RECENT FICTION
Erisela Marko Dr. Blegina Hasko Bezo	European University of Tirana, Albania	ADVERTISING IN TRADITIONAL AND SOCIAL MEDIA: AUDIENCE PERCEPTIONS OF INFLUENCE, CREDIBILITY, AND SOCIAL RESPONSIBILITY IN ALBANIA
Aboubacar Sidigh Sylla Mohssine Ghazoui Aziz Ihammi Ilham Kirm Chigr Mohammed	Sultan Moulay Slimane University, Morocco	UTILIZATION OF ZIZIPHUS LOTUS SEEDS AS A LIGNIN SOURCE FOR ACTIVATED CARBON PREPARATION AND RED CONGO DYE ADSORPTION: OPTIMIZATION, KINETIC BEHAVIOR, ISOTHERMAL MODELS, AND THERMODYNAMIC PROPERTIES
Abdullahi, Zainab Suleiman Jibrin Suleiman Yaro Ezekiel Ayiwulu Jibrin Abdullahi Suleiman Leo Abejide	Federal University of Lafia, Nigeria	GEOSPATIAL ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL NOISE POLLUTION PATTERNS IN GANDU SARKI AND GIMARE COMMUNITY LAFIA, NASARAWA STATE NIGERIA.

CONTENT

AUTHOR(S)	TOPIC TITLE	P.No
Sevinç EŞER DURMAZ	THE RELATIONSHIP BETWEEN DIGITAL OBESITY, BODY MASS INDEX, AND PHYSICAL ACTIVITY IN YOUNG ADULTS	1
Esra Zehra UZUN EKİNCİ Zeynep Begüm KALYONCU ATASOY	PARENTAL MEDIA MEDIATION, FEEDING PRACTICES, AND DIETARY BEHAVIORS AMONG CHILDREN AGED 6–10 YEARS IN TÜRKİYE: A CROSS- SECTIONAL STUDY	3
Mehmet ÇİMENTEPE	ANTIMICROBIAL ACTIVITIES OF ZIF-8-BASED NANOCOMPOSITES AGAINST GRAM-POSITIVE AND GRAM-NEGATIVE BACTERIA	5
Özge ÖZTÜRK ÇİMENTEPE	EVALUATION OF THE ANTICANCER PROPERTIES OF NANOFLOWER STRUCTURES: A LITERATURE REVIEW	7
Hatice OLTULUOĞLU Öğrenci Zeynep TANGÜL	FROM THEORY TO PRACTICE: THE EFFECT OF NURSING STUDENTS' PERCEPTIONS OF BECOMING A NURSE ON THEIR PERCEPTIONS OF INDIVIDUALIZED CARE	9
Mehmet BEYAZ Lütfi BAYYURT	MODELING DAIRY PRODUCTION DYNAMICS IN TÜRKİYE USING REGULARIZATION AND LATENT-VARIABLE APPROACHES	11
Yasin AKKEMİK	EFFECTS OF WHITE MULBERRY (MORUS ALBA) EXTRACT ON SERUM BIOCHEMICAL PARAMETERS IN RATS EXPOSED TO THE FOOD-CONTACT ENDOCRINE DISRUPTORS BISPHENOL A AND NONYLPHENOL ALONE AND IN COMBINATION: PRELIMINARY FINDINGS	12
Figen ÇELEBİ ÇELİK Nesrin GÜLEZ	OUR EXPERIENCE WITH TARGETED THERAPIES IN INBORN ERRORS OF IMMUNITY	14
Başak VARLI BİNGÖL	RUTTING RESISTANCE OF KRAFT LIGNIN-FILLED ASPHALT MIXTURES WITH NANOSILICA	16
Veli ÖZBOLAT	EFFECT OF CHITOSAN–ALGINATE MIXING RATIO ON THE VISCOELASTIC PROPERTIES AND FLOW BEHAVIOR OF HYDROGEL FORMULATIONS	17
Musa DEMİRCİ	DESIGN AND ANALYSIS OF A REMOTELY CONTROLLED SEED SOWING ROBOT EQUIPPED WITH A SOLAR TRACKING SYSTEM	19
Muhammed HASDEMİR	A NUMERICAL STUDY OF INVASION FRONT PROPAGATION IN A TEMPERED TIME-FRACTIONAL FISHER–KPP MODEL	21
Şule YENİGÜN ALTIN	FEAR AND HOPE IN CLIMATE CRISIS COMMUNICATION: A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FILMS 'THE DAY AFTER TOMORROW' AND '2040'	23
Fatma Yıldız Çeltek	THE EFFECT OF DIGITAL TRANSFORMATION ON SERVICE AND PROCESS INNOVATION IN COMMERCIAL CUSTOMER PROCESSES: THE CASE OF TÜRK TELEKOM	25
Nilay TULUKCU YILDIZBAŞ Atakan Osman Demircan	AN ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF WILDLIFE DEVELOPMENT AREAS IN TURKEY IN LIGHT OF JUDICIAL DECISIONS BASED ON 2003–2025 POPULATION DATA	27
Pelin Atila Yörük	RESTRICTION OF SHARE TRANSFER BY INHERITANCE UPON THE DEATH OF THE FOUNDER IN JOINT-STOCK COMPANIES: THE EFFECT OF STATUTORY	29

	RESTRICTION (TCC ART. 493) AND "KEY PERSON" CLAUSES	
Serkan FURTUN *Ömer Tuğrul KARA*	*THE RHETORIC OF TEXTBOOKS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF METADISCOURSE MARKERS IN LOWER SECONDARY TURKISH, SCIENCE, AND SOCIAL STUDIES TEXTBOOKS*	*31*
Coşkun SAĞLIK	*THE TRANSFORMATION OF THE IMAGE OF WOMEN THROUGH THE FEMINIZATION OF MIGRATION: AN ISLAMIC-FEMINIST DISCUSSION OF MUSLIM WOMEN MIGRANTS IN TÜRKİYE IN THE CONTEXT OF FEMINIST THEOLOGY, POST-ISLAMIST FEMINISM, AND ISLAMIC MOVEMENTS*	*33*
Aylin ARICI	*WHERE IS HOME? LONELINESS, PLACE ATTACHMENT, AND BASIC PSYCHOLOGICAL NEED SATISFACTION AMONG OLDER ADULTS BY HOUSING TENURE AND LIVING ARRANGEMENTS*	*35*
Selin DAVUN	*TRENDS AND REGIONAL DIFFERENCES IN CESAREAN AND PRIMARY CESAREAN DELIVERY RATES IN TÜRKIYE, 2022–2025*	*37*
Sena ÜNLÜ *Zeynep Zeliha SATILMIŞOĞLU*	*VAGINALLY LOCATED MÜLLERIAN ADENOSARCOMA WITH SARCOMATOUS OVERGROWTH AND RHABDOMYOBLASTIC DIFFERENTIATION IN AN ADOLESCENT: A CASE REPORT*	*39*
Sena ÜNLÜ	*ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SOCIAL MEDIA ON ORAL CONTRACEPTIVE USE AMONG WOMEN: A CROSS-SECTIONAL SURVEY STUDY*	*41*
Semahat Doruk	*EFFECT OF READING-STREAM STABILISATION AND INDEPENDENT RE- PREPARATION ON THE RELIABILITY OF TRANSIENT THERMAL-CONDUCTIVITY MEASUREMENTS OF Al 2 O 3 AND CuO NANOFLUIDS*	*43*
Omer Shujat Bhatti *Muhammad Asad Ghufran* *Meharunisa Butt* *Fahad Khan* *Kabeer Ud Din Naseer*	*GOVERNING ROAD SAFETY IN URBAN SOUTH ASIA: PUBLIC PERCEPTIONS AND POLICY STRATEGIES FOR ANIMAL–VEHICLE COLLISIONS IN LAHORE, PAKISTAN*	*45*
Omer Shujat Bhatti *Muhammad Asad Ghufran* *Rashid Ali Khan* *Naveed ur Rehman Anwar* *Alishpa Naveed*	*MITIGATING URBAN FRAGMENTATION: A COMPARATIVE ASSESSMENT OF GREEN BRIDGING FOR PERI-URBAN LANDSCAPE RESILIENCE.*	*46*
Omer Shujat Bhatti *Muhammad Asad Ghufran* *Waqas Ahmed Mahar* *Reena Majid Memon* *Naveed Iqbal*	*MOVEMENT AND NEED-BASED FACILITIES IN HIGH-RISE BUILDINGS*	*47*
Ijeoma C Ogbonnaya	*THE IMPLEMENTATION OF GAMIFICATION USING WORDWALL FOR TEACHING COMMERCE MODULES AT THE UNIVERSITY OF THE FREE STATE*	*48*
Rabiya Husain *Ajit Kumar* *Dhananjoy Shaw*	*COMPARATIVE ANALYSIS OF BILATERAL PEAK FORCE SYMMETRY IN SPORTS AND NON-SPORTS GIRLS UNDER PROGRESSIVE BACKPACK LOADS AND WALKING DURATIONS*	*49*
Farhana Naz	*DESIGNING INCLUSIVE LEARNING ENVIRONMENTS: THE ROLE OF INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY IN SUPPORTING NEURODIVERGENT STUDENTS*	*51*

Bela Inayat *Ayesha Jamil*	*IMPACT OF MATERNAL MICRONUTRIENT SUPPLEMENTATION ON NEONATAL BIRTH OUTCOMES*	*52*
Junaid Uthman Abayomi *Kouyate Ibrahim Junior* *Safiya Samaila Kogo* *Oyebola Oreoluwa Elizabeth*	*ASSESSMENT OF KNOWLEDGE, ATTITUDE AND PRACTICE ON REPRODUCTIVE HEALTH, MENSTRUAL HYGIENE AND BODY SAFETY AMONG NIGERIAN ADOLESCENT STUDENTS*	*53*
Mamta Sharma *Sandeep K Sharma*	*WHEN CLIMATE SHOCKS MOVE PEOPLE: INTERNAL DISPLACEMENT AND URBAN HEALTH SPILLOVERS IN THE GLOBAL SOUTH*	*55*
Tasawar Iqbal *Sidra Altaf*	*ROLE OF REGULATORY T CELLS (TREGS) IN CANCER THERAPY: MECHANISMS, CHALLENGES, AND THERAPEUTIC POTENTIAL*	*56*
Salma MAKDOUF *Karima El Bouqdaoui* *Abdelhakim El Makssoudi* *Mounia Cherki*	*COMPARATIVE STUDY OF THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION OF FUMARIA PARVIFLORA FROM CASABLANCA, EL JADIDA AND KHOURIBGA OF MOROCCO*	*57*
Assiya Atif *Bendaoud Ahmed* *Salah Mohammed* *Zeroual abdellah* *Houssine Ait Sir*	*THEORETICAL INSIGHTS INTO 1,3,4-OXADIAZOLE DERIVATIVES: A COMPARATIVE STUDY*	*58*
Maryem Arraji *Khaoula EL BARBI* *Fatima Zahra BOUCHACHI* *Mohamed Khalis* *Mohamed Chahboune*	*USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR MEDICATION ADHERENCE ASSESSMENT IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES: AN EXPLORATORY STUDY IN MOROCCO USING ChatGPT AND THE VALIDATED GENERAL MEDICATION ADHERENCE SCALE*	*59*
Ivan PAVLOVIĆ *Jovan BOJKOVSKI* *Vesna KARAPETKOVSKA HRISTOVA* *Aleksandra TASİĆ* *Ivanka HADŽIĆ*	*THE IMPORTANCE OF HAEMONCHUS CONTORTUS IN THE PATHOLOGY OF SMALL RUMINANTS*	*60*
Hicham Aboumadane *Lahcen Hssaini* *Jamila Bahhou* *Abdelaaziz Nogot* *Nouha Haoudi* *Rachid Razouk*	*OPTIMIZATION OF NITROGEN FERTILIZATION UNDER DIFFERENT WATER REGIMES*	*62*
ZOUNDJI Ghislain *WARI ABOUBAKAR Moussa* *ASSOGBA A. Sylvestre* *SODJI Jean* *AZIAN Donatien* *DJIMOUKO Sabine*	*LAND-USE FACTORS IN THE COMMUNE OF DANGBO (BENIN)*	*63*
TANMAKPI Jaurès *AKOGBETO Nadine* *GOUTHON Gilchrist Fabrice* *SEHOUBO Lambert* *Ella Tano Mehsou Mylène* *SOSSOU Camus*	*STRENGTHS AND CONSTRAINTS OF MARKET GARDENING IN THE COMMUNE OF DJIDJA*	*64*
Ayoub LAHBOUB *Fatima Ezzahrae SOUAIDI* *Imade CHOULLI* *Abdelfattah ELHAMMOUDY* *Ismail ABAZINE*	*NUMERICAL SOLVER IMPACT ON THE ACCURACY OF FIVE-PARAMETER PHOTOVOLTAIC SINGLE-DIODE MODEL IDENTIFICATION*	*65*

Brahim El FAHMI		
S. Santhosh Kumar	*BIOHYDROGEN: ADVANCING SUSTAINABLE ENERGY THROUGH GREEN FUEL TECHNOLOGY*	*67*
Mohammed Waheeb	*RELIGIOUS RITUAL AND COMMUNAL MEMORY: READING THE LOCAL ETHNOGRAPHY OF EPIPHANY PILGRIMS AND THE HOLY WATER AT AL-MAGHTAS, ON THE EAST BANK OF THE JORDAN RIVER*	*68*
Mohammed Waheeb	*CIVILIZATION OF ADD AND THAMUD THROUGH ARCHAEOLOGICAL DISCOVERIES IN THE NORTHERN ARABIAN PENINSULA AND SOUTHERN LEVANT*	*70*
AISSI Jean-Roitinos	*SUSTAINABLE TOURISM AND ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE LOWER OUÉMÉ VALLEY IN BENIN: CHALLENGES, PRACTICES, AND PROSPECTS FOR THE SUSTAINABLE USE OF NATURAL RESOURCES*	*72*
Roxana Mihaela Moisoiu	*THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON REDUCING GLOBAL POVERTY: OPPORTUNITIES, CHALLENGES, AND SUSTAINABLE SOLUTIONS*	*73*
Ibrahim Umar *Mohammad Bashir Isma'il* *Hussaini Muhammad* *Idris Saidu*	*BEYOND THE CLASSROOM AND THE LEDGER: INTEGRATING STEM EDUCATION WITH ISLAMIC MICROFINANCE FOR SUSTAINABLE YOUTH ENTREPRENEURSHIP*	*74*
Youness Elmaddah *Jaouad Igbida* *Brahim Ennassiri* *Abdelilah Kaddar* *Noureddine Elharrar*	*DYNAMICS OF LEARNING: A THEORETICAL MATHEMATICAL AND SCENARIO-BASED APPROACH*	*75*
Eze, Foluke Bosede *Oboturi, Georgina Ewetan*	*SUPER BRAIN YOGA AS AN INSTRUCTIONAL INTERVENTION FOR MATHEMATICS ACHIEVEMENT AMONG PRIMARY SCHOOL PUPILS IN BAYELSA STATE, NIGERIA*	*76*
Emmanuel Lamptey	*CONSTRUCTING PROFESSIONAL IDENTITY THROUGH DIGITAL DISCOURSE: A PRELIMINARY THEMATIC NETWORK ANALYSIS OF 2025 WORLD ANATOMY DAY*	*77*
Salima DJAFRI-DIB *Naima SAIDENE* *Nawel GUENAOUI* *Drifa YALAOUI-GUELL* *Nadia OUCHEMOUKH- AMSISSE* *Khodir MADANI* *Salim OUCHEMOUKH*	*PRODUCTION AND STABILITY CHARACTERIZATION OF A LIPOPEPTIDE BIOSURFACTANT PRODUCED BY ALCALIGENES AQUATILIS*	*78*
Naima Saidene *Radia Kadi* *Nassima Chaher-Bazizi* *Dina Atmani-Kilani* *Djebbar Atmani* *Sid Ali Zaidi* *Nadjet Debbache-Benaida* *Salima Dib-Djafri* *Nawel Guenaoui*	*EXTRACTION-DEPENDENT BIOLOGICAL ACTIVITIES OF CRATAEGUS LACINIATA LEAVES: BEYOND PHENOLIC RECOVERY*	*79*
Valery V. BELAKHOV	*DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR THE RATIONAL SEARCH FOR SEMI-SYNTHETIC DERIVATIVES OF ANTIFUNGAL POLYENE MACROLIDE ANTIBIOTICS*	*80*
BELLIL Zahra *BELLIL Dassine*	*VALORIZATION OF PLANT-BASED AGRO-FOOD BY-PRODUCTS AS SOURCES OF BIOACTIVE COMPOUNDS*	*81*

	WITH ANTIMICROBIAL POTENTIAL: PERSPECTIVES FOR FOOD SAFETY	
Hicham EL-BOUKHARY *Hamza ELKISSANY* *Adil LAAZIZ* *Abdelouahed HAJJAJI*	*PLANT-ASSOCIATED PENICILLIUM SPP.: HOST DIVERSITY, TISSUE DISTRIBUTION, AND BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL*	*82*
Meknassia DEBBAL *Tarık Mohammed CHAOUCHE* *Farah HADDOUCHI* *Farah DJELTI* *Souad SENHADJI*	*FOOD FRAUD IN THE MEDITERRANEAN SUPPLY CHAIN: ADVANCED ANALYTICAL FINGERPRINTING, CHEMOMETRIC AUTHENTICATION, AND EMERGING DETECTION TECHNOLOGIES FOR HIGH-VALUE AGRO-FOOD PRODUCTS*	*83*
Bouteldja Naima *Mammeri Adel* *Ali Haimoud Safia*	*BRIDGING THE PERCEPTION–TASTE GAP: UNVEILING THE SENSORY PARADOX IN ALGERIAN CONSUMERS' ACCEPTANCE OF FARMED TILAPIA*	*85*
Farida Khammar *Samira Boumous* *Zouhir Boumous*	*MACHINE LEARNING-ASSISTED MODELING OF HYDROGEN STORAGE SYSTEMS: PREDICTIVE PERFORMANCE ASSESSMENT AND IDENTIFICATION OF KEY MATERIAL DESCRIPTORS*	*86*
Sabrina Roguai *Touares Abdelhay*	*ANALYSIS OF THE STRUCTURAL, MICROSTRUCTURAL, AND OPTICAL PROPERTIES OF Ni-SnO 2 films BY PSP METHOD*	*87*
Elvie Aliñabon *Khean Harry S. Begasa* *Niño Belarmino* *Kiano Jay Codiñera* *Roque Echavez* *Raysa Ruth R. Espinosa* *Mary Sheena Natad* *Atasha Ashley Paran* *Caren C. Sasan*	*FINANCIAL RESILIENCE OF PHILIPPINE STOCK EXCHANGE-LISTED PRIVATE EDUCATIONAL INSTITUTION: A DESCRIPTIVE-COMPARATIVE ANALYSIS BEFORE, DURING, AND AFTER THE COVID-19 PANDEMIC*	*88*
Rose Marie V. Yuzon *Crystel Anne A. Cabarrubias* *Kristel Mae D. Sasana* *Aina B. Banto* *Missy Nicolette F. Manyaga* *Vince Marcus V. Sabuero* *May Z. Bariquit* *Lynnete R. Gentica* *Rosemarie B. Nuñez* *Caren C. Sasan*	*EFFECT OF NEWS SENTIMENTS ON STOCK PRICES: CASE OF CONVERGE ICT, PLDT, AND GLOBE TELECOM*	*89*
Rowena A. Villarmea *Kurt Russell P. Paradela* *Rolando P. Regis Jr.* *Ailen D. Patatag* *Jeah Alchyne P. Macalos* *Crina A. Baguhin* *Reamae A. Delima* *Louise Niño S. Almendras* *Earl Stephen Cabiluna* *Caren C. Sasan*	*FINANCIAL SUSTAINABILITY OF SELECTED MANUFACTURING FIRMS IN THE PHILIPPINES*	*90*
Dragana Baturan *Petar Vrgović*	*EMPLOYEE CREATIVITY AS A FACTOR IN SUCCESSFUL EVENT MANAGEMENT IN CREATIVE INDUSTRIES: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW*	*91*
NURADEEN USMAN DINGYADI	*PUBLIC POLICY ANALYSIS: CONCEPTS, APPROACHES, CHALLENGES AND ITS ROLE IN EFFECTIVE GOVERNANCE*	*92*

Adamu Sani Gora *Garba Yusif*	*PERCEIVED CONSTRAINTS TO COWPEA PRODUCTION AND FARMERS' PRIORITIES FOR SUPPORT IN TAURA LOCAL GOVERNMENT AREA, JIGAWA STATE, NIGERIA*	*93*
Vikram Chandu V *Jeevan Jacob Varghese* *Aparna Venkatakrishnan*	*ENTERIC DIALYSIS IN VETERINARY NEPHROLOGY*	*94*
Javed Alam *Nirmal Chandra Mahat*	*GENOMIC-CLINICAL SURVEILLANCE AND EARLY-WARNING APPROACHES FOR ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN INTENSIVE CARE AND HOSPITAL ENVIRONMENTS*	*95*
Sarah Shahid	*PHYSICAL ACTIVITY, SYSTEMIC INFLAMMATION AND LEFT VENTRICULAR FUNCTION IN ST ELEVATED MYOCARDIAL INFARCTION: DOES DURATION OF DIABETES MATTER?*	*96*
Ardian Braho *Ariel Çomo*	*FIRST-EPISODE PSYCHOSIS IN PSYCHIATRIC EMERGENCY CARE*	*97*
Tedi Minarolli *Birkena Qirjazi*	*ORBITAL COMPLICATIONS OF RHINOSINUSITIS: CLINICAL PRESENTATION, DIAGNOSIS AND MANAGEMENT*	*98*
VORONEANU-POPA Rareş-Vasile *CONSTANTINESCU Richard*	*THE LIMITS OF INTERFERENCE IN PATIENT DECISION-MAKING*	*99*
Zakia HAMMOU *Yamna HAMMOU* *Zakia GUEZZEN* *Zouaoui SEREIR*	*STABILITY ANALYSIS OF FUNCTIONALLY GRADED SHALLOW SHELLS REINFORCED WITH GRAPHENE*	*100*
Aboubacar Sidigh Sylla *Mohssine Ghazoui* *Aziz Ihammi* *Ilham Kirm* *Chigr Mohammed*	*UTILIZATION OF ZIZIPHUS LOTUS SEEDS AS A LIGNIN SOURCE FOR ACTIVATED CARBON PREPARATION AND RED CONGO DYE ADSORPTION: OPTIMIZATION, KINETIC BEHAVIOR, ISOTHERMAL MODELS, AND THERMODYNAMIC PROPERTIES*	*101*
Abdullahi, Zainab Suleiman *Jibrin Suleiman Yaro* *Ezekiel Ayiwulu* *Jibrin Abdullahi Suleiman* *Leo Abejide*	*GEOSPATIAL ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL NOISE POLLUTION PATTERNS IN GANDU SARKI AND GIMARE COMMUNITY LAFIA, NASARAWA STATE NIGERIA.*	*102*
Ezgi KAR	*THE EFFECT OF NUTRITION ON CELLULAR DESTINY: NUTRITIONAL AND METABOLIC REGULATION OF FERROPTOSIS*	*103*
Ezgi KAR	*PRECISION NUTRITION IN GLP-1 RECEPTOR AGONIST THERAPY: METABOLIC ADAPTATIONS, BIOCHEMICAL BIOMARKERS, AND CLINICAL OUTCOMES*	*116*
Büşra UYSAL *Nermin BİLGİÇLİ*	*THE EFFECT OF FERMENTED LEGUME FLOURS AND ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES BLEND ON SOME PHYSICAL AND SENSORY PROPERTIES OF FLATBREAD (BAZLAMA)*	*127*
Büşra UYSAL *Nermin BİLGİÇLİ*	*POSSIBILITIES OF FLAXSEED AND CHIA SEEDS POWDER USAGE IN TARHANA PRODUCTION*	*135*
Sura Rahımova *Gunay Gulıyeva* *Solmaz Asgerova* *Fatımeyı Zehra Hıdayetzade*	*INVESTIGATION OF THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION OF ACHILLEA MILLEFOLIUM L. AND SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF ITS POTENTIAL MEDICAL AND BIOLOGICAL APPLICATIONS*	*143*
Solmaz Asgerova *Sura Rahımova* *Shabnam Rahımlı*	*THE HISTORICAL DEVELOPMENT OF THE USE OF MEDICINAL PLANTS IN COSMETIC PRODUCTS AND MODERN APPROACHES*	*148*

Fatih BUDAK *Ceren Seda ÇİÇEK BUDAK*	*THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS IN HEALTH SERVICES ON PUBLIC POLICY*	*152*
Fatih BUDAK *Ceren Seda ÇİÇEK BUDAK*	*IS DIGITAL HEALTH LITERACY A HEALTH POLICY INSTRUMENT? A CONCEPTUAL POLICY ANALYSIS FOR TÜRKIYE IN THE LIGHT OF GLOBA EXAMPLES*	*166*
Tuba BAY KULA	*BARRIERS TO HEALTH SERVICES ACCESS FOR CHILDREN WITH DISABILITIES AND THEIR PARENTS: A PUBLIC HEALTH NURSING PERSPECTIVE*	*178*
Betül SARI *Halil Can AYDEMİR*	*A METAPHORICAL PORTRAIT OF A PROFESSION: MEDICAL SECRETARYSHIP THROUGH THE EYES OF STUDENTS*	*202*
Merve BOLAT	*VITAMIN D, FOLATE, AND ZINC: REGULATION OF TREG/TH17 BALANCE AND IMMUNE TOLERANCE*	*215*
Merve BOLAT *Furkan AYKURT* *Fikret ÇELEBİ*	*FROM TRANS-MITOPHAGY TO METABOLIC REPROGRAMMING: CELL FATE AFTER MITOCHONDRIAL TRANSFER*	*221*
Fatih Öner Kaya	*PROBABLE ACUTE PANCREATITIS FOLLOWING EXCESSIVE ORAL INTAKE OF A COMMERCIAL RHOPALURUS JUNCEUS (BLUE SCORPION) EXTRACT: A CASE REPORT*	*229*
Muhammed YASUL	*NEGLECTED ZOONOTIC PARASITE RISK IN HOME CARE PATIENTS: TRANSMISSION DYNAMICS FROM COMPANION ANIMALS AND PREVENTIVE APPROACHES*	*237*
Hüseyin BENLİ	*EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF THE COVEN (Gypsophila) ROOT AS A NATURAL DYE IN THE COLORING OF WOOL FABRIC*	*247*
Hüseyin BENLİ	*A STUDY ON THE DYEING OF COTTON YARN WITH BIOMATERIALS*	*253*
Mehmet AYDIN *Ömrüm Serena Taşdöğen*	*SUSTAINABLE MACHINING OF TITANIUM ALLOY (TI-6AL-4V): INVESTIGATION OF RESIDUAL STRESSES UNDER VARIOUS CONDITIONS*	*258*
Pınar AKDOĞAN ŞİRİN *Caner ŞİRİN* *Mehmet AYDIN*	*COMPARATIVE ANALYSIS OF DPPH RADICAL SCAVENGING ACTIVITY AND FTIR SPECTRAL CHARACTERISTICS OF GONGOLARIA BARBATA COLLECTED FROM DIFFERENT LOCATIONS IN THE SOUTHERN BLACK SEA*	*269*
Murat TOPAL *Emine Işıl ARSLAN TOPAL* *Erdal ÖBEK* *Erdal ÇELİK*	*ACCUMULATION OF BISMUTH AND URANIUM IN TOMATOES EXPOSED TO TREATED WASTEWATER*	*280*
Murat TOPAL *Emine Işıl ARSLAN TOPAL* *Erdal ÖBEK* *Erdal ÇELİK*	*MOLYBDENUM AND STRONTIUM ACCUMULATION IN GRAPEVINE LEAVES: MINE GALLERY WATERS*	*286*
Uğur ÖZMEN	*EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE ADHESION PROPERTIES OF PVA MATERIALS BONDED BY DISSOLVING IN PURE WATER*	*293*
Muhammed Enes YELKOVAN *Abdullah YILDIZ*	*OPTIMIZATION OF ALL-INORGANIC PEROVSKITE SOLAR CELLS WITH FTO/TiO 2 /CsPbI 3 /CuSCN/Au ARCHITECTURE VIA SCAPS-1D: IMPACT OF THICKNESS AND DEFECT DENSITY*	*300*

Muhammed Enes YELKOVAN *Abdullah YILDIZ*	*EFFECT OF CsPbI 3 ABSORBER AND TIO 2 TRANSPORT LAYER THICKNESSES ON SOLAR CELL PERFORMANCE: A THEOPRETICAL APPROACH*	*307*
Fatma TOPUZ ERYÜRÜK *Hasan ERYÜRÜK*	*CONVERGENCE AND INSTITUTIONAL DIVERSIFICATION IN UNIVERSITIES' PRODUCTIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE POLICIES*	*315*
Fatma TOPUZ ERYÜRÜK *Hasan ERYÜRÜK*	*THE CONCORDANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE POLICIES IN THE FIELD OF EDUCATION IN TURKIYE*	*323*
Kurban KOTAN	*THE EFFECT OF VALIDATION-INDUCED DATA LEAKAGE ON FORECASTING PERFORMANCE IN FINANCIAL TIME SERIES*	*329*
Neval KARACA ÇAKMAK *Çiğdem İNAN ACI*	*UNCERTAINTY IN MULTIMODAL LARGE LANGUAGE MODELS: A SYSTEMATIC REVIEW OF ESTIMATION, CALIBRATION, AND REASONING*	*337*
Neval KARACA ÇAKMAK *Çiğdem İNAN ACI*	*EXPLAINABILITY IN MULTIMODAL LARGE LANGUAGE MODELS: DO EXPLANATIONS REFLECT VISUAL EVIDENCE?"*	*354*
Berat HARMAN	*THE RELATIONSHIP BETWEEN HUMAN CAPITAL AND ECONOMIC GROWTH IN THE FRAGILE FIVE COUNTRIES*	*372*
Yaren YARDIMCIOĞLU *Esra ABACIOĞLU GİTMİŞ*	*LANDSCAPE ARCHITECTURE APPROACHES TO THE ADAPTIVE REUSE OF HISTORIC RAILWAYS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF CASE STUDIES FROM TÜRKİYE AND AROUND THE WORLD*	*388*
Ramazan KAYABAŞI *MÜJDAT ÖZTÜRK* *Faruk KILIÇ*	*AN ANALYSIS OF SOLAR ENERGY POTENTIAL AND SOLAR POWER PLANT INVESTMENTS IN TÜRKİYE'S FIVE MOST POPULOUS PROVINCES*	*401*
Faruk KILIÇ *AMÜJDAT ÖZTÜRK* *Ramazan KAYABAŞI*	*EVALUATING THE VISION OF THE MECCA JOINT DEFENSE AGREEMENT (MECCA PACT) USING FORECASTING*	*412*
Muhammet Anıl AYDIN *Gülsüm ÖZTÜRK*	*MICROPROPAGATION OF 'YEDIVEREN' LEMON*	*425*
Muhammet Anıl AYDIN *Gülsüm ÖZTÜRK*	*EFFECT OF KINETIN ON IN VITRO PROPAGATION OF KALANCHOE*	*430*
Esmira Rahimova Zakir qızı	*THE KHOJALY TRAGEDY: IN THE CONTEXT OF HISTORICAL MEMORY, HUMAN RIGHTS, AND INTERNATIONAL LAW*	*434*
Kushbakht AYESHA *Server Sevil AKYUREK*	*INVESTIGATING THE IMPACT OF LEADERSHIP COMPETENCIES ON SUSTAINABILITY OUTCOMES IN LARGE ORGANISATIONS: AN EXAMPLE OF THE PAKISTAN CONTEXT*	*440*
Şifa Hatun ŞAHİN *Cansu İrem SOLAK* *Halil Erdem ÇOCUK*	*FROM HEARING TO COMPREHENSION: THE TRANSFORMATION OF LISTENING SKILLS IN TURKISH LANGUAGE CURRICULA DURING THE REPUBLICAN ERA*	*454*
Cansu İrem SOLAK *Şifa Hatun ŞAHİN* *Halil Erdem ÇOCUK*	*FROM COURSE TO COMPETENCY: THE TRANSFORMATION OF FOLK CULTURE EDUCATION IN THE TURKISH EDUCATION SYSTEM (2006–2024)*	*462*
Cihan KARA	*THE EFFECTS OF WORKPLACE INCIVILITY ON EMPLOYEES'S PSYCHOLOGICAL WELL-BEING MOTİVATİON AND TASK PERFORMANCE*	*471*
Cihan KARA	*THE IMPACT OF LEARNING ORGANIZATION CLİMATE ON EMPLOYEES' INNOVATIVE WORK BEHAVIORS AND ORGANİZATIONAL AGILITY*	*478*

Coşkun SAĞLIK	*MIGRATION AND PLACE: A THEORETICAL ASSESSMENT OF THE SEMANTIC TRANSFORMATION AND CONSTRUCTION OF PLACES OF BELONGING AND VISITATION*	*486*
Ömer YILMAZ	*THE IMPACT OF KUFA'S COSMOPOLITAN DEMOGRAPHIC STRUCTURE ONTHE EMERGENCE OF HANAFISM*	*503*
Öznur KARADEMİR *Cengiz ŞAHİN*	*EVALUATION OF THE HISTORIC TANNERY FACTORY IN SAFRANBOLU IN TERMS OF INDUSTRIAL HERITAGE AND PROPOSALS FOR RE- FUNCTIONALIZATION*	*507*
A. M. Hassan *Mohammed Zakari* *Ibrahim Hissah*	*ENTREPRENEURIAL SKILLS ACQUISITION AND SELF-EMPLOYMENT READINESS AMONG TECHNICAL COLLEGE GRADUATES IN NIGER STATE*	*518*
Deilton RIBEIRO BRASIL	*AGING AND LONGEVITY WITH DIGNITY: AUTONOMY AND THE RIGHT TO CARE UNDER BRAZIL'S NATIONAL CARE POLICY (LAW No. 15,069 OF DECEMBER 23, 2024)*	*527*
Junaid Uthman Abayomi *Kouyate Ibrahim Junior* *Safiya Samaila Kogo* *Itua Uyiosenobua Busayo*	*CLINICAL EVALUATION OF NEONATAL MORBIDITY, MORTALITY, AND MATERNAL HEALTH OUTCOMES FOLLOWING KANGAROO MOTHER CARE IMPLEMENTATION*	*536*
Akano Blessing Anuoluwapo *Junaid Uthman Abayomi* *Alonge-Niyi Oreoluwa* *Ige Emmanuel Jesutofunmi*	*A COMPARATIVE READING OF SATIRICAL EXPLORATION IN CHINELO OKPARANTA'S HARRY SYLVESTER BIRD AND GEORGE ORWELL'S ANIMAL FARM*	*543*
Junaid Uthman Abayomi *Kouyate Ibrahim Junior* *Safiya Samaila Kogo* *Itua Uyiosenobua Busayo* *Alonge-Niyi Oreoluwa*	*EFFECT OF CO-DIGESTION OF COW DUNG WITH CASSAVA WASTEWATER ON BIOGAS PRODUCTION*	*550*
Nodar Sulashvili *Olga Shapoval* *Maka Buleishvili* *Irina Imerlishvili* *Nato Alavidze* *Nino Abuladze* *Marika Sulashvili* *Igor Seniuk* *Vira Kravchenko* *Ketevani Gabunia*	*THE SCHOLARLY DISQUISITION ON THE RECONFIGURATION OF CANCER VACCINE SCIENCE: NEOANTIGEN ENGINEERING, IMMUNOGENICITY, TUMOR- MICROENVIRONMENT MODULATION, PRECISION IMMUNOTHERAPY, CLINICAL TRANSLATION, MOLECULAR DESIGN, IMMUNE-RESPONSE OPTIMIZATION, THERAPEUTIC PERSONALIZATION, AND FUTURE ORIENTED ONCOLOGICAL INNOVATION*	*557*
Aurora Braçe	*THE ROLE OF PHARMACISTS IN HEALTH EDUCATION AND NUTRITIONAL STRATEGIES IN SPORT AND FITNESS*	*645*
Moses Adeolu AGOI *Andrew Ayanfeola OKE* *Micheal Olayemi OLADUNJOYE* *Hendri Hermawan ADINUGRAHA*	*BIOCOMPUTING SYSTEMS FOR MICROBIOME DNA DATA ANALYTICS AND AI- DRIVEN PERSONALIZED DIETARY THERAPY: COMPUTATIONAL METHODS, PREDICTIVE MODELLING, AND PRECISION NUTRITION INNOVATIONS*	*649*
Mohammed Waheeb	*THE NICOLAI DATE (NICOLAI) IN JORDAN THROUGH THE AGES: AN ARCHAEOLOGICAL AND HISTORICAL READING IN LIGHT OF THE RESULTS OF FIELD STUDIES*	*661*
KABIRU, Faruk *ABUBAKAR, Ayuba* *DAHIRU, Bashar*	*EFFECT OF THE HEURISTIC APPROACH TO TEACHING GEOMETRY CONCEPTS ON THE ACADEMIC PERFORMANCE OF JUNIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN KEBBI STATE: IMPLICATIONS FOR*	*670*

	HOLISTIC REFORM AND EXCELLENCE IN BASIC EDUCATION	
Alhassan Mohammed *Muhammad Muhammad Inti* *Jamilu Mustapha Chedi* *Samaila Hamza*	*OBJECTIVES AND CONTENT REQUIRED FOR DEVELOPING A THINKING- BASED LEARNING MODULE IN FABRICATION AND WELDING IN TECHNICAL COLLEGES IN NORTH-CENTRAL NIGERIA*	*680*
Alhassan Yunusa Alkali *Adamu Aliyu Z.Beji* *Hassan Gimba Suleiman* *Abduraman Mohammed*	*ASSESSMENT OF THE ADOPTION OF INFORMATION TECHNOLOGY TOOLS AT THE PRE-CONTRACT PHASE OF METALWORK PROJECTS IN NIGER STATE, NIGERIA*	*703*
Elena Denisa MATEEVICI *Ivona RĂPAN* *Miahela PANAIT* *Anca CRISTEA*	*THE SOCIAL ECONOMY AND VULNERABLE GROUPS: EMPLOYMENT OPPORTUNITIES AND BARRIERS TO ACCESS*	*714*
DOROTHY AKPOVYE BAGE-JOHN	*SOCIAL HEALTH IMPLICATIONS OF SKIN BLEACHING AMONG RESIDENTS OF NASARAWA STATE, NIGERIA*	*728*
Iurie MIHALACHE *Nicolae ZAVULAN*	*VITIATED CONSENT VIA DEEPFAKE TECHNOLOGY IN DIGITAL BANKING TRANSACTIONS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF FRAUD AND MISTAKE UNDER MOLDOVAN CIVIL LAW AND EUROPEAN UNION FRAMEWORKS*	*750*
Ngo Hien Long *Nguyen Thi Yen Nhi* *Cao Kim Nhuong*	*LEGAL LIABILITY FOR THE COLLECTION AND PROCESSING OF STUDENTS' PERSONAL DATA IN YOUTH UNION AND STUDENT ASSOCIATION ACTIVITIES*	*757*
Pham Van Vinh	*THE PENALTY DOCTRINE THROUGH THE LENS OF THE THEORY OF CONTRACTUAL REMEDIES*	*766*
Sozanolo TELAUMBANUA *Desi SIANIPAR*	*BEYOND STEWARDSHIP: NON-HUMAN AGENCY IN BIBLICAL HEBREW AS A FOUNDATION FOR ECOLOGICAL CHRISTIAN RELIGIOUS EDUCATION*	*775*
Le Thi Minh Que *C. Vairavan*	*AI-MEDIATED ROLE-PLAY AND L2 INTERACTIONAL COMPETENCE IN ENGLISH FOR SPECIFIC PURPOSES: A CRITICAL NARRATIVE REVIEW*	*779*
S. RAMARAJU *C. VAIRAVAN*	*ABJECTION, MELANCHOLIA AND THE SEMIOTIC RETURN: A KRISTEVAN READING OF LOUISE ERDRICH'S RECENT FICTION*	*792*
Erisela Marko *Blegina Hasko Bezo*	*ADVERTISING IN TRADITIONAL AND SOCIAL MEDIA: AUDIENCE PERCEPTIONS OF INFLUENCE, CREDIBILITY, AND SOCIAL RESPONSIBILITY IN ALBANIA*	*780*
Ebole Alpha Friday *Aremu Idris Abiodun* *Ayinde Yusuf Olatunji*	*AN INTEGRATED CYBERSECURITY FRAMEWORK FOR SECURING CONNECTED DIGITAL ECOSYSTEMS (DE)*	*810*
Mukaddes Sudenaz Yılmaz *Filiz RANDA-ZELYÜT*	*A NEW THREAT TO SUGAR BEET PRODUCTION IN EUROPE: 16SrXII-A AND 16SrXII-P GROUP PHYTOPLASMAS*	*822*
Mukaddes Sudenaz Yılmaz *Filiz RANDA-ZELYÜT*	*EPIDEMIOLOGICAL ASSESSMENT OF PHYTOPLASMA DISEASE AGENTS OCCURRING IN VINEYARD AREAS OF TÜRKİYE*	*826*

GENÇ YETİŞKİNLERDE DİJİTAL OBEZİTE, BEDEN KÜTLE İNDEKSİ VE FİZİKSEL AKTİVİTE İLİŞKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Sevinç EŞER DURMAZ

Kırıkkale Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Kırıkkale, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-2425-1715

ÖZET

Bireylerin dijital teknolojileri aşırı ve kontrolsüz kullanımı şeklinde kavramsallaştırılan dijital obezite, fiziksel inaktiviteye ve sonuç olarak obezite ile ilişkilendirilebilmektedir. Bu araştırmanın amacı, genç yetişkinlerde dijital obezite düzeyi ile Beden Kütle İndeksi (BKİ) arasındaki ilişkide haftalık toplam fiziksel aktivite düzeyinin rolünü incelemektir. Araştırma Google forms aracılığı ile 18-25 yaş arasındaki genç yetişkin bireyler ile yürütülmüştür. Araştırma kapsamında bireylere genel bilgileri, dijital obezite ölçeği (DOÖ) ve beyana dayalı boy uzunluğu ve vücut ağırlığını içeren anket formu gönderilmiştir. Araştırmaya başlamadan, anket formunun başında araştırmaya katılmayı gönüllü olarak kabul ettiklerine dair bir onay kutucuğu işaretlemeleri istenmiş, gönüllü olmayanlar formu doldurmamışlardır. Beyana dayalı boy uzunluğu, vücut ağırlığı ölçümleri ile BKİ değerleri hesaplanmış, Dünya Sağlık Örgütü'nün sınıflamasına göre BKİ <18,5 kg/m^2 zayıf, 18,5-24,9 kg/m^2 normal ağırlıklı, 25,0-29,9 kg/m^2 fazla kilolu, ≥30,0 kg/m^2 obeziteli olarak değerlendirilmiştir. Verilerin analizi SPSS 26.0 istatistik paket programı ile yapılmış, istatistiksel anlamlılık düzeyi olarak p<0,05 değeri kabul edilmiştir. Araştırmanın etik uygunluğu için Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Etik Kurulundan onay alınmıştır. Kesitsel tasarımdaki araştırmaya %46.1'i(n=227) erkek, %53.9'u(n=265) kadın olmak üzere 492 genç yetişkin (yaş ortalaması: 21.92 ±1.94 yıl) katılmıştır. Katılımcıların DOÖ Toplam puan ortalaması 93.25±18.26, BKİ ortalaması ise 23.86 ±3.95 kg/m^2 saptanmıştır. DOÖ Toplam puanı ile BKİ arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur ($r = -0.044$, $p > 0.05$). Bununla birlikte, fiziksel aktivite düzeyine göre DOÖ Toplam puanları arasında anlamlı farklılık saptanmıştır ($F = 7.967$, $p < 0.001$). Hiç fiziksel aktivite yapmayan bireylerin DOÖ Toplam puanı en yüksek (98.75 ±23.02), haftalık 300 dakikanın üzerinde aktivite yapan grupta ise en düşük (85.53 ±16.84) bulunmuştur ($p < 0.001$). Genç yetişkinlerde, dijital obezite doğrudan BKİ'yi etkilemese de düzenli fiziksel aktivite, dijital obezite düzeyini belirgin şekilde düşürmektedir. Gençlerde dijital bağımlılık riskini düşürmek amacıyla haftalık fiziksel aktivite süresini artırmaya yönelik müdahale programlarının geliştirilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: dijital obezite, fiziksel aktivite, obezite, beden kütle indeksi

THE RELATIONSHIP BETWEEN DIGITAL OBESITY, BODY MASS INDEX, AND PHYSICAL ACTIVITY IN YOUNG ADULTS

ABSTRACT

Digital obesity, conceptualized as the excessive and uncontrolled use of digital technologies, may be associated with physical inactivity and, consequently, obesity. This study aimed to examine the role of weekly total physical activity in the relationship between digital obesity and Body Mass Index (BMI) among young adults. This cross-sectional study was conducted among young adults aged 18–25 years through an online questionnaire administered via Google Forms. The questionnaire included questions on sociodemographic characteristics, the Digital Obesity Scale (DOS), and self-reported height and body weight. Before completing the questionnaire, participants were required to provide informed

© 2026 ISARC Academy

voluntary consent. BMI was calculated from self-reported height and weight and categorized according to the World Health Organization criteria as underweight (<18.5 kg/m²), normal weight (18.5–24.9 kg/m²), overweight (25.0–29.9 kg/m²), and obesity (≥30.0 kg/m²). Statistical analyses were performed using SPSS version 26.0, with statistical significance set at $p<0.05$. Approval for the ethical review of the study was obtained from the Kırıkkale University Non-Interventional Ethics Committee. A total of 492 young adults participated in the study, including 227 males (46.1%) and 265 females (53.9%), with a mean age of 21.92±1.94 years. The mean total DOS score was 93.25±18.26, while the mean BMI was 23.86±3.95 kg/m². No statistically significant correlation was found between total DOS score and BMI ($r=-0.044$, $p>0.05$). However, total DOS scores differed significantly according to physical activity level ($F=7.967$, $p<0.001$). Participants who reported no physical activity had the highest mean DOS score (98.75±23.02), whereas those engaging in more than 300 minutes of physical activity per week had the lowest score (85.53±16.84) ($p<0.001$). Although digital obesity was not significantly associated with BMI in young adults, lower levels of digital obesity were observed among individuals reporting higher levels of physical activity. Interventions aimed at increasing weekly physical activity may contribute to reducing excessive and uncontrolled digital technology use among young adults.

Key words: digital obesity, physical activity, obesity, body mass index

© 2026 ISARC Academy

EBEVEYN MEDYA ARACILIĞI, ÇOCUK BESLEME UYGULAMALARI VE TÜRKİYE'DE 6–10 YAŞ ARASI ÇOCUKLARIN BESLENME DAVRANIŞLARI: KESİTSEL BİR ARAŞTIRMA

Uzm. Dyt. Esra Zehra UZUN EKİNCİ

Istanbul Aydin University, Department of Nutrition and Dietetics, 34295, Istanbul, Türkiye

ORCID ID: 0009-0005-0933-6891

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Begüm KALYONCU ATASOY

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 06018 Etlik, Ankara, Türkiye

ORCID ID: 0000-0001-6208-3540

ÖZET

Çocukların medya kullanımı ve ebeveynlerin çocuk besleme uygulamaları, çocukların beslenme davranışları ve vücut ağırlığı durumuyla ilişkili olabilecek önemli faktörlerdir. Bu araştırmada, ebeveyn medya aracılığı, çocuk besleme uygulamaları, pişirme ve yiyecek hazırlama becerileri ile 6–10 yaş arasındaki çocukların medya kullanımı ve beslenme davranışları arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Kesitsel olarak tasarlanan araştırma, Antalya'daki iki devlet ilkokulunda öğrenim gören 6–10 yaş arası çocukların 410 ebeveyniyle yüz yüze görüşme yöntemi kullanılarak yürütülmüştür. Veriler, sosyodemografik ve beslenme alışkanlıklarına ilişkin anketler, Okul Çağındaki Çocuklar İçin Medya Ebeveynliği Ölçeği (MEPA-20), Problemli Medya Kullanımı Ölçeği, Akıllı Telefon Bağımlılığı Ölçeği-Kısa Form, Çocuk Besleme Anketi ve Pişirme ve Yiyecek Hazırlama Becerileri Ölçeği kullanılarak toplanmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde korelasyon ve regresyon analizlerinden yararlanılmıştır. Ebeveynlerin problemli akıllı telefon/medya kullanımı ve çocukların problemli medya kullanımı arttıkça, çocukların sağlıksız beslenme alışkanlıklarının da arttığı belirlenmiştir ($p<0,01$). Ebeveynlerin kısıtlayıcı medya aracılığı uygulamaları, çocukların ekran kullanımının azalmasıyla ilişkili bulunmuştur ($p<0,001$). Ebeveynlerin pişirme ve yiyecek hazırlama becerilerindeki artışın çocukların daha sağlıklı besin tüketimi ve daha düşük beden kütle indeksi (BKİ) değerleriyle ilişkili olduğu saptanmıştır ($p<0,01$). Ebeveynlerin kısıtlayıcı çocuk besleme uygulamaları, çocukların daha yüksek BKİ değerleriyle ilişkiliyken ($p<0,01$), yemek yemeye yönelik baskı uygulamaları daha düşük vücut ağırlığıyla ilişkili bulunmuştur ($p<0,05$). Araştırma bulguları, ebeveyn medya aracılığı stratejilerinin, çocuk besleme uygulamalarının ve yiyecek hazırlama becerilerinin çocukların medya kullanımı, beslenme davranışları ve antropometrik göstergeleriyle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Çocuklarda sağlıklı beslenme alışkanlıklarının geliştirilmesinde, aile temelli medya yönetimi ve besleme uygulamalarına yönelik müdahaleler yararlı olabilir. Bununla birlikte, araştırmanın kesitsel tasarımı nedeniyle saptanan ilişkiler nedensellik göstermemektedir.

Anahtar kelimeler: Ebeveyn medya aracılığı, çocuk besleme davranışları, ekran süresi, beslenme alışkanlıkları, pişirme becerileri.

© 2026 ISARC Academy

PARENTAL MEDIA MEDIATION, FEEDING PRACTICES, AND DIETARY BEHAVIORS AMONG CHILDREN AGED 6–10 YEARS IN TÜRKİYE: A CROSS-SECTIONAL STUDY

ABSTRACT

Children's media use and parental feeding practices are important potential correlates of dietary behaviors and weight status. This study examined associations between parental media mediation, feeding practices, cooking and food preparation skills, and dietary and media-use outcomes among children aged 6–10 years. A cross-sectional study was conducted through face-to-face interviews with 410 parents of children aged 6–10 years attending two public primary schools in Antalya, Türkiye. Data were collected using sociodemographic and dietary questionnaires, the Media Parenting Scale (MEPA-20), Problematic Media Use Scale, Smartphone Addiction Scale–Short Form, Child Feeding Questionnaire, and Cooking and Food Preparation Skills Scale. Correlation and regression analyses were performed. Greater parental problematic smartphone/media use and children's problematic media use were associated with less healthy dietary habits ($p<0.01$). Restrictive parental media mediation was associated with lower screen use ($p<0.001$). Higher parental cooking and food preparation skills were associated with healthier food consumption and lower body mass index (BMI) in children ($p<0.01$). More restrictive feeding practices were associated with higher child BMI ($p<0.01$), whereas greater pressure to eat was associated with lower child weight ($p<0.05$). Parental media mediation, feeding strategies, and food preparation skills were associated with children's screen exposure, dietary behaviors, and anthropometric indicators. Family-centered strategies addressing media use and feeding practices may support healthier childhood eating habits; however, the cross-sectional design does not permit causal inference.

Keywords: Parental media mediation, child feeding practices, screen time, dietary behavior, cooking skills.

© 2026 ISARC Academy

ZIF-8 TABANLI NANOKOMPOZİTLERİN GRAM-POZİTİF VE GRAM-NEGATİF BAKTERİLERE KARŞI ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ÇİMENTEPE

Harran Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Şanlıurfa,

ORCID ID: 0000-0002-3563-2468

ÖZET

Antimikrobiyal direnç, bakteriyel enfeksiyonların tedavisini güçleştiren ve yeni antimikrobiyal yaklaşımların geliştirilmesini gerekli kılan önemli bir halk sağlığı sorunudur. Bu kapsamda, nanoteknolojik malzemeler ve özellikle metal-organik kafesler (Metal-Organic Frameworks, MOFs), sahip oldukları yüksek yüzey alanı, ayarlanabilir gözenek yapısı ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle antimikrobiyal uygulamalarda dikkat çekmektedir. ZIF-8 (Zeolitic Imidazolate Framework-8), çinko iyonları ve 2-metilimidazol ligandlarından oluşan, kimyasal ve termal kararlılığı ile öne çıkan bir MOF yapısıdır.

Bu derlemede, ZIF-8 ve ZIF-8 tabanlı nanokompozitlerin Gram-pozitif ve Gram-negatif bakterilere karşı gösterdiği antimikrobiyal aktiviteler literatürde yer alan çalışmalar doğrultusunda değerlendirilmiştir. Özellikle ZIF-8'in tek başına kullanımının yanı sıra metal nanopartiküller, metal oksitler, polimerler, biyolojik moleküller ve diğer nanomalzemelerle oluşturulan kompozit sistemlerin antibakteriyel özellikleri incelenmiştir. Literatürde bildirilen çalışmalar, ZIF-8 tabanlı yapıların bakteriyel hücre membranının bütünlüğünün bozulması, reaktif oksijen türlerinin oluşumu, metal iyonlarının salınımı ve hücresel metabolik süreçlerin etkilenmesi gibi farklı mekanizmalar üzerinden antimikrobiyal etki gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, Gram-pozitif ve Gram-negatif bakterilerin hücre duvarı yapılarındaki farklılıkların nanokompozitlere karşı duyarlılıklarını etkileyebildiği bildirilmektedir.

Sonuç olarak, ZIF-8 tabanlı nanokompozitler, farklı bakteriyel türlere karşı antimikrobiyal özellikleri ve kompozisyonlarının modifiye edilebilir olması nedeniyle umut vadeden nanomalzemeler arasında değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelime: ZIF-8, metal-organik kafes, nanokompozitler, antimikrobiyal aktivite

ANTIMICROBIAL ACTIVITIES OF ZIF-8-BASED NANOCOMPOSITES AGAINST GRAM-POSITIVE AND GRAM-NEGATIVE BACTERİA

ABSTRACT

Antimicrobial resistance (AMR) represents a major global public health challenge, significantly complicating the treatment of bacterial infections and highlighting the need for novel antimicrobial strategies. In this regard, metal–organic frameworks (MOFs) have attracted considerable attention in antimicrobial research owing to their high specific surface area, tunable pore structures, and versatile functional properties. Zeolitic imidazolate framework-8 (ZIF-8), composed of zinc ions coordinated with 2-methylimidazole linkers, is a promising MOF material characterized by its chemical and thermal stability.

This review provides an overview of the antimicrobial activities of ZIF-8 and ZIF-8-based nanocomposites against Gram-positive and Gram-negative bacteria, based on findings reported in the scientific literature. Particular emphasis is placed on the antibacterial properties of pristine ZIF-8 and its composites incorporating metal nanoparticles, metal oxides, polymers, biomolecules, and other

© 2026 ISARC Academy

nanomaterials. The reported findings suggest that ZIF-8-based materials may exert antimicrobial effects through multiple mechanisms, including disruption of bacterial cell membrane integrity, generation of reactive oxygen species (ROS), release of zinc ions, and interference with cellular metabolic processes. Furthermore, differences in bacterial cell envelope structures may contribute to variations in susceptibility to these nanocomposite systems.

Overall, ZIF-8-based nanocomposites represent promising candidates for antimicrobial applications because of their potential activity against diverse bacterial species and the versatility of their compositional design. Nevertheless, further investigations are required to elucidate their mechanisms of action, evaluate their biocompatibility and toxicity, and establish their efficacy and safety for potential clinical applications.

Keywords: ZIF-8; metal–organic frameworks; nanocomposites; antimicrobial activity

© 2026 ISARC Academy

NANOFLOWER YAPILARIN ANTİKANSER ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: LİTERATÜR DERLEMESİ

Dr. Öğr. Üyesi ÖZGE ÖZTÜRK ÇİMENTEPE

Harran Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakoloji Anabilim Dalı, Şanlıurfa

ORCID ID: 0000-0001-7319-3526

Özet

Kanser, dünya genelinde önemli bir morbidite ve mortalite nedeni olmaya devam etmekte olup, mevcut tedavi yöntemlerinin etkinliğinin artırılması ve yan etkilerinin azaltılması amacıyla yeni nanoteknolojik yaklaşımlara yönelik çalışmalar giderek önem kazanmaktadır. Son yıllarda biyomoleküller ile metal iyonları veya inorganik bileşenlerin bir araya gelmesiyle oluşturulan hiyerarşik ve çiçek benzeri morfolojiye sahip nanoflower yapılar, yüksek yüzey alanları, kontrollü sentez olanakları ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle biyomedikal uygulamalarda dikkat çekmektedir.

Bu derlemede, nanoflower yapıların antikanser potansiyeli güncel literatür doğrultusunda değerlendirilmiştir. Özellikle metal, metal oksit, protein ve hibrit bileşenlerden oluşan nanoflower sistemlerinin farklı kanser hücreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Literatürde bildirilen çalışmalar, bu yapıların kanser hücrelerinde hücre proliferasyonunun baskılanması, oksidatif stresin artırılması, mitokondriyal fonksiyonların bozulması, apoptotik ve otofajik hücre ölüm mekanizmalarının uyarılması gibi farklı biyolojik yollar üzerinden antikanser etki gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca nanoflower yapıların yüksek yüzey alanı ve modifiye edilebilir özellikleri, antikanser ilaçların taşınması ve kontrollü salımı açısından da potansiyel avantajlar sunmaktadır.

Bununla birlikte, nanoflower yapıların antikanser etkinliği; kullanılan materyalin bileşimi, partikül boyutu ve morfolojisi, yüzey özellikleri, uygulanan doz ve hedef hücre tipine bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca kanser hücrelerine yönelik etkinliğin yanı sıra normal hücreler üzerindeki sitotoksisite, biyouyumluluk, biyodağılım ve uzun dönem güvenlilik gibi parametrelerin de değerlendirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, nanoflower yapılar, kanser tedavisinde hedeflendirilmiş taşıma sistemleri ve doğrudan antikanser ajanlar olarak değerlendirilebilecek umut verici nanoyapılar arasında yer almaktadır. Ancak mevcut bulguların klinik uygulamalara aktarılabilmesi için mekanizma odaklı, standartlaştırılmış ve kapsamlı in vitro ve in vivo çalışmaların yanı sıra biyogüvenlilik değerlendirmelerine ihtiyaç bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Nanoflower, nanoteknoloji, kanser, antikanser aktivite

EVALUATION OF THE ANTICANCER PROPERTIES OF NANOFLOWER STRUCTURES: A LITERATURE REVIEW

Abstract

Cancer remains a major cause of morbidity and mortality worldwide, highlighting the need for novel therapeutic approaches that can improve treatment efficacy while minimizing adverse effects. In recent years, nanoflower structures, characterized by hierarchical flower-like morphologies and formed through the assembly of biomolecules with metal ions or inorganic components, have attracted increasing attention in biomedical applications due to their high surface area, tunable physicochemical properties, and versatile functionalization potential.

© 2026 ISARC Academy

This review evaluates the anticancer potential of nanoflower structures based on findings reported in the current literature. In particular, nanoflower systems composed of metals, metal oxides, proteins, and hybrid components are discussed in terms of their effects on different cancer cell types. Reported studies suggest that nanoflower structures may exert anticancer effects through several mechanisms, including inhibition of cancer cell proliferation, induction of oxidative stress, disruption of mitochondrial function, and activation of apoptotic and autophagic cell death pathways. Furthermore, their high surface area and modifiable surface properties may provide advantages for the delivery and controlled release of anticancer agents.

However, the anticancer activity of nanoflower structures may vary depending on their composition, particle size and morphology, surface characteristics, applied dose, and target cell type. In addition to their effects on cancer cells, cytotoxicity toward normal cells, biocompatibility, biodistribution, and long-term safety should also be carefully evaluated.

In conclusion, nanoflower structures represent promising nanomaterials with potential applications as targeted drug delivery systems and direct anticancer agents. Nevertheless, further mechanism-oriented, standardized, and comprehensive in vitro and in vivo studies, together with detailed biosafety assessments, are required before their potential can be translated into clinical applications**.**

Keywords: Nanoflower, nanotechnology, cancer, anticancer activity

© 2026 ISARC Academy

TEORIDEN UYGULAMAYA: ÖĞRENCILERININ HEMŞIRE OLMA ALGILARININ BIREYSELLEŞTIRILMIŞ BAKIM ALGISINA ETKISI

Dr. Öğretim Üyesi Hatice OLTULUOĞLU

İnonu University, Department of Fundamentals of Nursing Nursing Faculty,44280 Battalgazi,Malatya.

ORCID ID: *0000-0003-0141-8567*

Öğrenci Zeynep TANGÜL

İnonu University, Nursing Faculty, 44280 Battalgazi, Malatya.

ÖZET

Hemşirelik öğrencilerinin mesleki algıları, bireyselleştirilmiş bakım anlayışlarının gelişimi açısından önem taşımaktadır. Bu araştırmada, son sınıf hemşirelik öğrencilerinin hemşire olma algıları ile bireyselleştirilmiş bakım algıları arasındaki ilişkinin ve hemşire olma algısının yordayıcı rolünün incelenmesi amaçlanmıştır. Tanımlayıcı ve kesitsel tasarımdaki araştırma, Nisan- Haziran 2026'da İnönü Üniversitesi Hemşirelik Fakültesinde öğrenim gören 151 son sınıf öğrencisiyle gerçekleştirilmiştir. Veriler, çevrimiçi ortamda Kişisel Tanıtım Formu, Hemşire Olma Algısı Ölçeği (HOAÖ) ve Bireyselleştirilmiş Bakım Skalası A–Hemşire Versiyonu (BBSA) kullanılarak toplanmıştır. Analizde tanımlayıcı istatistikler, grup karşılaştırma testleri, Pearson korelasyon analizi ve basit doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır. Öğrencilerin yaş ortalaması 23,00±1,39 yıl; HOAÖ toplam puan ortalaması 92,04±9,36 ve BBSA toplam puan ortalaması 67,35±14,02 olarak belirlenmiştir. Yaşanılan yer ve hemşire olmaya hazır hissetme durumuna göre her iki ölçeğin toplam puanları istatistiksel anlamlı farklılık göstermiştir ($p<0,05$). Ayrıca HOAÖ toplam puanlarının gelir durumu, hemşirelik bölümünü isteyerek seçme, hemşirelik mesleğini sevme, mesleğe ilişkin mevcut düşünce ve mesleği tavsiye etme durumuna göre anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Basit doğrusal regresyon analizinde, hemşire olma algısının bireyselleştirilmiş bakım algısını pozitif yönde ve istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yordadığı ($\beta=0,164$; $p=0,045$), ancak bireyselleştirilmiş bakım algısındaki toplam varyansın yalnızca %2,7'sini açıkladığı saptanmıştır ($R^2=0,027$). Bulgular, bireyselleştirilmiş bakım algısının açıklanmasında hemşire olma algısı dışındaki değişkenlerin de önemli olabileceğini düşündürmektedir. Mezuniyet öncesinde mesleğe hazır oluşu destekleyen klinik rehberliğin ve bireyselleştirilmiş bakıma odaklanan eğitim uygulamalarının güçlendirilmesi önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Hemşirelik, öğrenci, hemşire olma algısı, bireyselleştirilmiş bakım, mesleğe hazır oluş

FROM THEORY TO PRACTICE: THE EFFECT OF NURSING STUDENTS' PERCEPTIONS OF BECOMING A NURSE ON THEIR PERCEPTIONS OF INDIVIDUALIZED CARE

ABSTRACT

Nursing students' professional perceptions play an important role in the development of their understanding of individualized care. This study aimed to examine the relationship between final-year nursing students' perceptions of becoming a nurse and their perceptions of individualized care, as well as the predictive role of perceptions of becoming a nurse. This descriptive, cross-sectional study was conducted with 151 final-year nursing students at İnönü University Faculty of Nursing between April and June 2026. Data were collected online using the Personal Information Form, the Perceptions of

© 2026 ISARC Academy

Being a Nurse Scale (PBNS), and the Individualized Care Scale–Nurse Version A (ICS-A). Data were analyzed using descriptive statistics, group comparison tests, Pearson correlation analysis, and simple linear regression analysis. The mean age of the students was 23.00±1.39 years. The mean total scores were 92.04±9.36 for the PBNS and 67.35±14.02 for the ICS-A. Total scores on both scales differed significantly according to place of residence and perceived readiness to become a nurse ($p<0.05$). Additionally, PBNS total scores differed significantly according to income status, voluntary choice of nursing as a major, liking the nursing profession, current perceptions of the profession, and willingness to recommend nursing as a career ($p<0.05$). Simple linear regression analysis showed that perceptions of becoming a nurse significantly and positively predicted perceptions of individualized care ($\beta=0.164$; $p=0.045$), although the model explained only 2.7% of the variance in individualized care perceptions ($R^2=0.027$). These findings suggest that factors beyond perceptions of becoming a nurse may also contribute to explaining individualized care perceptions. Strengthening clinical mentorship to support professional readiness before graduation and enhancing educational practices focused on individualized care are recommended.

Keywords: Nursing, nursing students, perceptions of becoming a nurse, individualized care, Professional readiness.

© 2026 ISARC Academy

MODELING DAIRY PRODUCTION DYNAMICS IN TÜRKİYE USING REGULARIZATION AND LATENT-VARIABLE APPROACHES

Mehmet BEYAZ

Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, 60250, Tokat, Türkiye

https://orcid.org/0009-0005-3352-4454

Dr. Lütfi BAYBURT

Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, 60250, Tokat, Türkiye

https://orcid.org/0000-0003-2613-9302

ABSTRACT

Understanding the temporal dynamics of milk production is essential for sustainable livestock management and agricultural planning. This study aims to investigate annual cow milk production in Türkiye over the period 2005–2024 using regularization and latent-variable modeling approaches. Agricultural production indicators obtained from the FAOSTAT database will be analyzed using Ridge Regression and Partial Least Squares Regression (PLSR) to examine production patterns and evaluate predictive performance. Potential multicollinearity among explanatory variables will be addressed through the statistical properties of these methods. Model accuracy and predictive stability will be assessed using time-series cross-validation and performance indicators, including the coefficient of determination (R^2), root mean square error (RMSE), and mean absolute error (MAE). The study is expected to provide insights into the applicability of advanced regression approaches for modeling livestock production dynamics and contribute to data-driven decision-making in the dairy sector.

Keywords: Dairy production; Ridge Regression; Partial Least Squares Regression; Production dynamics; Time-series analysis; Predictive modeling.

© 2026 ISARC Academy

GIDA İLE TEMAS EDEN MALZEMELERDEN KAYNAKLANAN ENDOKRİN BOZUCULAR BİSFENOL A VE NONİLFENOLE MARUZ BIRAKILAN SIÇANLARDA BEYAZ DUT (*MORUS ALBA*) EKSTRAKTININ SERUM BİYOKİMYASAL PARAMETRELERİNE ETKİSİ: ÖN BULGULAR

Dr. Öğr. Üyesi Yasin AKKEMİK

Kastamonu Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, 37150 Kuzeykent, Kastamonu

ORCID ID: 0000-0002-9086-0324

ÖZET

Bisfenol A (BPA) ve nonilfenol (NP), gıda ambalajı ve gıda ile temas eden malzemelerden gıdaya geçebilen ksenoestrojenik endokrin bozuculardır ve insan maruziyeti ağırlıklı olarak diyet yoluyla gerçekleşmektedir. BPA, polikarbonat kaplarda ve konserve kutu iç kaplamalarında kullanılan epoksi reçinelerden; NP ise PVC streç film ve benzeri malzemelerden gıdaya migrasyon göstermektedir. Konserve ürünlerde BPA migrasyonunun büyük bölümü sterilizasyon aşamasında gerçekleşmekte, hayvansal kökenli gıdalarda konserve et ürünleri için 98,3 µg/kg'a varan düzeyler bildirilmektedir; çiğ ette de BPA saptanmış, metabolitlerinin bulunmaması bulaşının kesim sonrası işleme hattından kaynaklandığını düşündürmüştür. EFSA 2023 yılında BPA için tolere edilebilir günlük alımı 0,2 ng/kg-gün düzeyine çekmiş ve diyetsel maruziyetin bu değeri tüm yaş gruplarında aştığını bildirmiştir. Beyaz dut meyvesi ise fenolik asitler, flavonoidler ve antosiyaninlerce zengin olup et ürünlerinde doğal antioksidan olarak denenmiş bir bileşendir. Bu çalışmada, BPA ve NP'nin tek başına ve birlikte uygulanmasının sıçan serum biyokimyasal parametrelerine etkisi ile beyaz dut meyve ekstraktının bu etkiler üzerindeki rolü araştırılmıştır. Erkek Wistar albino sıçanlar sekiz gruba ayrılmış (Kontrol, Ekstrakt, BPA, NP, BPA+NP, BPA+Ekstrakt, NP+Ekstrakt, BPA+NP+Ekstrakt); BPA ve NP 100 mg/kg, ekstrakt 0,5 mL/kg dozda 30 gün boyunca günde bir kez oral gavajla verilmiştir. Serumda (grup başına n=2) üre, kreatinin, AST, ALT, ALP, GGT, CK, glukoz, total protein, albümin, trigliserit, HDL ve LDL kolorimetrik yöntemle (Mindray BS-400) ölçülmüş; veriler tek yönlü ANOVA, Tukey testi ve Benjamini-Hochberg düzeltmesiyle değerlendirilmiştir. Çalışma, Kastamonu Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulunun 11.03.2024 tarih ve 2 sayılı oturumunda alınan 03 sayılı kararı (E-16498365-050.99-2400034672) kapsamında yürütülmüştür. Çoklu test düzeltmesi sonrası yalnızca trigliserit ($p=0,050$) ve kreatinin ($p=0,032$) gruplar arasında farklı bulunmuş; ekstrakt grubunda trigliserit kontrolün yaklaşık iki katına ulaşmıştır (44,0±1,4'e karşı 23,0±1,4 mg/dL). BPA+NP+Ekstrakt grubunda üre (86,1±1,6 mg/dL), ALP (1398±6 U/L), AST (181,9±1,5 U/L) ve ALT (167,6±1,5 U/L) her iki hayvanda da tutarlı biçimde en yüksek değerlerde olmakla birlikte fark istatistiksel anlamlılığa ulaşmamıştır. Mevcut ön verilerde beyaz dut ekstraktının BPA ve NP'ye bağlı serum biyokimyasal değişiklikleri düzelttiğine dair kanıt elde edilmemiştir. Uygulanan doz gerçek diyetsel maruziyetin çok üzerinde olduğundan bulgular tüketici riskinin kestirimi değil, gıda ile temas eden malzemelerden kaynaklanan kontaminantların hayvansal gıda zincirinde değerlendirilmesine yönelik ön veri niteliğindedir.

Anahtar kelimeler: Bisfenol A, nonilfenol, *Morus alba*, gıda güvenliği, gıda ile temas eden malzemeler, serum biyokimyası

© 2026 ISARC Academy

EFFECTS OF WHITE MULBERRY (*MORUS ALBA*) EXTRACT ON SERUM BIOCHEMICAL PARAMETERS IN RATS EXPOSED TO THE FOOD-CONTACT ENDOCRINE DISRUPTORS BISPHENOL A AND NONYLPHENOL ALONE AND IN COMBINATION: PRELIMINARY FINDINGS

ABSTRACT

Bisphenol A (BPA) and nonylphenol (NP) are xenoestrogenic endocrine disruptors that migrate into food from packaging and food-contact materials, and human exposure occurs mainly through the diet. BPA migrates from polycarbonate containers and the epoxy resins used in can linings, whereas NP migrates from PVC stretch film and similar materials. Most BPA migration in canned products occurs during sterilisation, and levels up to 98.3 µg/kg have been reported in canned meat products; BPA is also detected in raw meat, where the absence of its metabolites suggests contamination from the post-slaughter processing line. In 2023 EFSA lowered the tolerable daily intake for BPA to 0.2 ng/kg per day and reported that dietary exposure exceeds this value in all age groups. White mulberry fruit is rich in phenolic acids, flavonoids and anthocyanins and has been tested as a natural antioxidant in meat products. This study investigated the effects of BPA and NP, administered alone and in combination, on serum biochemical parameters in rats, and the role of white mulberry fruit extract on these effects. Male Wistar albino rats were allocated to eight groups (control, extract, BPA, NP, BPA+NP, BPA+extract, NP+extract, BPA+NP+extract); BPA and NP were given at 100 mg/kg and the extract at 0.5 mL/kg once daily by oral gavage for 30 days. Serum urea, creatinine, AST, ALT, ALP, GGT, CK, glucose, total protein, albumin, triglycerides, HDL and LDL were measured colorimetrically (Mindray BS-400) in two animals per group, and the data were analysed by one-way ANOVA with Tukey's test and Benjamini-Hochberg correction. The study was conducted under decision no. 03 of the Kastamonu University Local Animal Experiments Ethics Committee (session 2, 11.03.2024; ref. E-16498365-050.99-2400034672). After correction for multiple testing, only triglycerides ($p=0.050$) and creatinine ($p=0.032$) differed among groups, with triglycerides in the extract group reaching about twice the control value (44.0±1.4 vs 23.0±1.4 mg/dL). The BPA+NP+extract group showed the highest urea (86.1±1.6 mg/dL), ALP (1398±6 U/L), AST (181.9±1.5 U/L) and ALT (167.6±1.5 U/L) consistently in both animals, although these differences did not reach statistical significance. These preliminary data provide no evidence that white mulberry extract reverses BPA- and NP-related changes in serum biochemistry. As the applied dose far exceeds realistic dietary exposure, the findings are not an estimate of consumer risk but preliminary data for assessing food-contact contaminants along the animal-origin food chain.

Keywords: Bisphenol A, nonylphenol, *Morus alba*, food safety, food contact materials, serum biochemistry

© 2026 ISARC Academy

DOĞUŞTAN BAĞIŞIKLIK KUSURLARINDA HEDEFE YÖNELİK TEDAVİ DENEYİMİMİZ

Figen ÇELEBİ ÇELİK[1]
ORCID ID: 0000-0002-1100-4117

Nesrin GÜLEZ[1]
ORCID ID: 0000-0002-3343-6949

[1]Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İzmir Tıp Fakültesi, Dr. Behçet Uz Çocuk Hastalıkları ve Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Çocuk İmmünolojisi ve Alerji Hastalıkları Kliniği, İzmir

ÖZET

Doğuştan bağışıklık kusurları (DBK), enfeksiyonlara yatkınlığın yanı sıra otoimmünite, otoinflamasyon ve lenfoproliferasyon gibi immün disregülasyon bulgularıyla seyredebilir. Bu çalışmada, DBK tanısıyla izlenen ve biyolojik veya hedefe yönelik immünomodülatör tedavi alan çocuk hastalardaki tedavi deneyimimizin değerlendirilmesi amaçlandı. Tek merkezde izlenen 15 hastanın demografik, klinik, genetik, laboratuvar ve tedavi verileri retrospektif olarak incelendi. Hastaların 11'i (%73,3) erkek, 4'ü (%26,7) kızdı. Semptom başlama yaşı medyan 36 ay, tanı yaşı medyan 72 aydı. En sık tanılar LRBA defekti (n=4), DiGeorge sendromu (n=3) ve PNP eksikliği (n=2) idi. Hastaların büyük bölümünde tedavi endikasyonunu otoimmünite, immün sitopeni veya diğer immün disregülasyon bulguları oluşturdu. En sık kullanılan tedaviler rituksimab (n=5), abatasept (n=4) ve sirolimus (n=4) olup, iki hastada anakinra, bir hastada ise infliksimab kullanıldı. On iki hastada (%80) tedaviyle klinik yanıt gözlendi. İki hastada (%13,3) enfeksiyöz yan etki gelişti. Bulgularımız, DBK'lerde hedefe yönelik tedavilerin özellikle immün disregülasyonun kontrolünde klinik yarar sağlayabileceğini göstermektedir. Tedavi seçiminin hastanın fenotipi ve altta yatan moleküler mekanizma doğrultusunda bireyselleştirilmesi, etkinlik ve güvenlilik açısından önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Doğuştan bağışıklık kusurları, hedefe yönelik tedavi, immün disregülasyon, biyolojik tedavi

OUR EXPERIENCE WITH TARGETED THERAPIES IN INBORN ERRORS OF IMMUNITY

ABSTRACT

Inborn errors of immunity (IEIs) may present not only with increased susceptibility to infections but also with manifestations of immune dysregulation, including autoimmunity, autoinflammation, and lymphoproliferation. This study aimed to evaluate our treatment experience in pediatric patients with IEIs who received biologic or targeted immunomodulatory therapies. Demographic, clinical, genetic, laboratory, and treatment-related data of 15 patients followed at a single center were retrospectively reviewed. Eleven patients (73.3%) were male and four (26.7%) were female. The median age at symptom onset was 36 months, and the median age at diagnosis was 72 months. The most common diagnoses were LRBA deficiency (n=4), DiGeorge syndrome (n=3), and PNP deficiency (n=2). In the majority of patients, treatment indications included autoimmunity, immune cytopenias, or other manifestations of immune dysregulation. The most frequently used treatments were rituximab (n=5), abatacept (n=4), and sirolimus (n=4); anakinra was administered in two patients and infliximab in one patient. A clinical response to treatment was observed in 12 patients (80%). Infectious adverse events occurred in two patients (13.3%). Our findings suggest that targeted therapies may provide clinical benefit, particularly in controlling immune dysregulation in patients with IEIs. Individualizing treatment

© 2026 ISARC Academy

according to the patient's phenotype and the underlying molecular mechanism is important for optimizing both efficacy and safety.

Keywords: Inborn errors of immunity, targeted therapy, immune dysregulation, biologic therapy

© 2026 ISARC Academy

KRAFT LİGNİN DOLGULU VE NANOSİLİKA KATKILI ASFALT KARIŞIMLARININ TEKERLEK İZİ DİRENCİ

Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLI BİNGÖL

Çankırı Karatekin University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Çankırı

ORCID ID: 0000-0002-7934-7482

ÖZET

Kimyasal kâğıt hamuru üretiminin bir yan ürünü olan kraft lignin, asfalt karışımlarında mineral dolgunun bir kısmının yerine kullanılabilecek bir malzemedir; ancak tekerlek izi oluşumuna etkisi yeterince belgelenmemiştir. Bu çalışmada mineral dolgunun kütlece %25'i kraft lignin ile ikame edilmiş, bağlayıcı modifikasyonunun olası performans kaybını dengeleyip dengeleyemeyeceğini belirlemek amacıyla da bitüme kütlece %0,5 ve %1,0 oranlarında nanosilika eklenmiştir. Tekerlek izi deneyleri TS EN 12697-22 (Prosedür B, havada) standardına göre 60 °C'de, her karışım için iki plaka üzerinde yürütülmüş; katkısız karışım referans olarak kullanılmıştır. 5000 çevrim sonunda kontrol karışımının ortalama iz derinliği 3,5 mm iken lignin içeren karışımların tamamında 7 mm aşılmış, yani yaklaşık iki kat iz derinliği oluşmuştur. Nanosilika ilavesi bu farkı azaltmamıştır. İki nanosilika oranı arasındaki farklar en fazla 0,65 mm ile sınırlı kalmış ve aynı karışımın iki plakası arasındaki saçılımla benzer düzeyde olmuştur. Lignin içeren tüm plakalarda iz derinliği, deney tamamlanmadan ani biçimde sabitlenmiştir. Bu davranış gerçek bir kararlı duruma ulaşılmasından çok ölçüm sisteminin bir sınırına işaret ettiğinden, deneyin son aşamasına ait göstergeler temkinli biçimde yorumlanmıştır. Genel olarak, mineral dolgunun dörtte birinin kraft lignin ile ikame edilmesi karışımın tekerlek izine duyarlılığını belirgin biçimde artırmış, incelenen oranlardaki nanosilika ise bu etkiyi telafi etmemiştir.

Anahtar kelimeler: Kraft lignin, nanosilika, asfalt karışımı, tekerlek izi, kalıcı deformasyon

RUTTING RESISTANCE OF KRAFT LIGNIN-FILLED ASPHALT MIXTURES WITH NANOSILICA

ABSTRACT

Kraft lignin, a by-product of chemical pulping, is a candidate for replacing part of the mineral filler in asphalt mixtures, but its effect on rutting is not well documented. In this study, kraft lignin replaced 25% of the filler by mass, and nanosilica was added to the bitumen at 0.5% and 1.0% to see whether binder modification could offset any loss in performance. Wheel tracking tests were carried out at 60 °C following TS EN 12697-22 (Procedure B, in air), with two slabs per mixture and an unmodified mixture as the reference. After 5000 cycles, the control mixture showed a mean rut depth of 3.5 mm, whereas all lignin-containing mixtures exceeded 7 mm, roughly twice as much. Adding nanosilica did not reduce this gap. Differences between the two nanosilica dosages were small, at most 0.65 mm, and comparable to the scatter between duplicate slabs. In all lignin-containing slabs, the rut depth stopped increasing abruptly partway through the test. This suggests a limit of the measuring system rather than true stabilisation, so the late-stage indicators were interpreted with caution. Overall, replacing a quarter of the mineral filler with kraft lignin made the mixture considerably more prone to rutting, and nanosilica at the dosages tested did not compensate for this.

Keywords: Kraft lignin, nanosilica, asphalt mixture, rutting, permanent deformation

© 2026 ISARC Academy

EFFECT OF CHITOSAN–ALGINATE MIXING RATIO ON THE VISCOELASTIC PROPERTIES AND FLOW BEHAVIOR OF HYDROGEL FORMULATIONS

Assist. Prof. Dr. Veli ÖZBOLAT

Çukurova University Ceyhan Engineering Faculty, Mechanical Engineering Department, 01250, Adana

ORCID ID: 0000-0002-1757-3054

ABSTRACT

Understanding the rheological properties of chitosan–alginate hydrogel formulations is important for developing materials for extrusion-based processing. This study examined how the relative proportions of chitosan and alginate affect viscoelastic properties and flow behavior at a constant total polymer concentration. Medium-molecular-weight chitosan was prepared at 2% (w/v) in 1% (v/v) aqueous acetic acid, and sodium alginate was prepared at 2% (w/v) in ultrapure water. The stock solutions were combined at chitosan-to-alginate ratios of 1:1, 1:2, and 2:1, with a total volume of 9 mL and a nominal total polymer concentration of 2% (w/v) for each formulation. The mixtures were stirred magnetically for 2–3 h. Viscoelastic properties were evaluated using oscillatory amplitude and frequency sweeps at 25 °C. Steady-shear measurements were performed at 25 and 37 °C to examine flow behavior and the effect of temperature on apparent viscosity. Amplitude sweeps showed that the storage modulus (G') exceeded the loss modulus (G") at low strain in all formulations, indicating predominantly elastic behavior. G' values followed the order 1:1 > 1:2 > 2:1. G' decreased with increasing strain, indicating weakening of the material structure under deformation. The same ranking was observed in the stable portion of the frequency sweeps, where G' showed relatively little dependence on frequency. At both temperatures, apparent viscosity decreased with increasing shear rate, confirming shear-thinning behavior in all formulations. Differences in the slopes of the flow curves indicated that the formulations differed in their sensitivity to shear rate. At the same shear rate, all formulations exhibited lower apparent viscosity at 37 °C than at 25 °C. Changing the relative proportions of chitosan and alginate altered the viscoelastic properties and flow behavior despite the constant nominal total polymer concentration. The 1:1 formulation exhibited the highest G' at 25 °C, indicating the greatest elastic stiffness under small deformation. These findings highlight the influence of mixing ratio on the rheological response of chitosan–alginate formulations and the effect of temperature on their apparent viscosity.

Keywords: Chitosan, sodium alginate, viscoelasticity, shear-thinning

KİTOSAN–ALJİNAT KARIŞIM ORANININ HİDROJEL FORMÜLASYONLARININ VİSKOELASTİK ÖZELLİKLERİ VE AKIŞ DAVRANIŞINA ETKİSİ

ÖZET

Kitosan–aljinat esaslı hidrojel formülasyonlarının reolojik özelliklerinin belirlenmesi, ekstrüzyon temelli üretim süreçlerine yönelik malzeme geliştirilmesinde önem taşımaktadır. Bu çalışmada, toplam polimer derişimi sabit tutularak kitosan ve aljinatın karışımdaki göreli oranlarının viskoelastik özellikler ve akış davranışı üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Orta molekül ağırlıklı kitosan, %1 (v/v) asetik asit çözeltisinde %2 (w/v) derişimde; sodyum aljinat ise ultra saf suda %2 (w/v) derişimde hazırlanmıştır. Stok çözeltiler, toplam hacim 9 mL olacak şekilde 1:1, 1:2 ve 2:1 kitosan oranlarında birleştirilmiştir. Böylece toplam nominal polimer derişimi tüm formülasyonlarda %2 (w/v) olarak sabit tutulmuştur. Karışımlar 2–3 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Formülasyonların viskoelastik özellikleri 25 °C'de gerçekleştirilen genlik ve frekans taramalarıyla değerlendirilmiştir.

© 2026 ISARC Academy

Akış davranışı ve sıcaklığın görünür viskozite üzerindeki etkisi ise 25 ve 37 °C'de gerçekleştirilen kararlı kayma ölçümleriyle incelenmiştir. Genlik taraması sonuçları, düşük deformasyon bölgesinde tüm formülasyonlarda depolama modülünün (G'), kayıp modülünden (G'') yüksek olduğunu ve elastik davranışın baskın olduğunu göstermiştir. G′ değerleri 1:1 > 1:2 > 2:1 şeklinde sıralanmıştır. Artan deformasyonla G' değerlerinin azalması, malzeme yapısının deformasyon altında zayıfladığını göstermiştir. Frekans taramalarının düzenli seyreden bölgesinde aynı G' sıralaması korunmuş ve G' değerleri frekansa görece sınırlı bağımlılık göstermiştir. Her iki sıcaklıkta da görünür viskozitenin kayma hızı artıkça azalması, tüm formülasyonların kayma ile incelen davranış sergilediğini ortaya koymuştur. Akış eğrilerindeki eğim farklılıkları, formülasyonların viskozitelerinin kayma hızına duyarlılığının farklılaştığına işaret etmiştir. Aynı kayma hızında karşılaştırıldığında, sıcaklığın 25 °C'den 37 °C'ye yükselmesiyle tüm formülasyonların görünür viskozitesi azalmıştır. Sonuç olarak, toplam nominal polimer derişimi sabit tutulmasına rağmen kitosan ve aljinatın karışımdaki göreli oranlarının değişmesi, formülasyonların viskoelastik özellikleri ve akış davranışında farklılıklara yol açmıştır. 1:1 karışımı, 25 °C'de en yüksek G' değerini göstererek küçük deformasyon altında en yüksek elastik modüle sahip formülasyon olarak öne çıkmıştır. Bulgular, karışım oranı ve ölçüm sıcaklığının kitosan–aljinat formülasyonlarının reolojik değerlendirmesinde dikkate alınması gereken değişkenler olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Kitosan, sodyum aljinat, viskoelastisite, kayma ile incelme

© 2026 ISARC Academy

GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİNE SAHİP UZAKTAN KONTROLLÜ OTONOM TOHUM EKİM ROBOTUNUN TASARIMI VE ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Musa DEMİRCİ

KTO Karatay University, Faculty of Engineering and Natural Science, Department of Mechanical Engineering, 42020 Karatay, Konya

ORCID ID: 0000-0002-4159-2378

ÖZET

Tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanması, enerji tüketiminin azaltılması ve üretim verimliliğinin artırılması amacıyla yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi giderek önem kazanmaktadır. Geleneksel tarım makinelerinin fosil yakıtlara bağımlılığı, yüksek işletme maliyetleri ve çevresel etkileri, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışan alternatif sistemlere olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu çalışmada, güneş enerjisiyle çalışan, güneş takip sistemine sahip ve uzaktan kontrol edilebilen bir mobil tohum ekim robotunun tasarlanması ve mühendislik analizlerinin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır.

Tasarlanacak robot; toprakta ekim kanalı açan kazıcı mekanizma, tohumların belirlenen derinlik ve aralıklarla bırakılmasını sağlayan kontrollü tohum dağıtım mekanizması ve ekilen tohumların üzerini kapatan toprak örtücü sistemden oluşacaktır. Robotun enerji ihtiyacının karşılanmasında güneş paneli ve enerji depolama birimi kullanılacak, güneş takip mekanizması yardımıyla panelin güneş ışınlarına uygun şekilde yönlendirilmesi hedeflenecektir. Sistemin üç boyutlu katı modelleri SOLIDWORKS yazılımında oluşturularak mekanik bileşenlerin montaj uyumluluğu ve çalışma prensipleri değerlendirilecektir. Tasarlanan bileşenlerin çalışma koşullarındaki mekanik davranışları, ANSYS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilecek sonlu elemanlar analizleriyle incelenecektir. Ayrıca robotun hareket hızı, yön değiştirmesi, tohum bırakma aralığı ve ekim mekanizmasının çalışma parametrelerinin mobil uygulama üzerinden yönetilebilmesi amacıyla bir kontrol algoritması geliştirilecektir.

Çalışma sonucunda, güneş enerjisinden yararlanan, hassas tohum ekimine imkân sağlayan ve uzaktan kontrol edilebilen bir tarım robotunun tasarımının ortaya konulması hedeflenmektedir. Geliştirilecek sistemin fosil yakıt tüketiminin azaltılmasına, ekim işlemlerinin düzenli gerçekleştirilmesine ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılmasına katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Tarım robotu, güneş enerjisi, güneş takip sistemi, hassas tohum ekimi, sonlu elemanlar analizi.

DESIGN AND ANALYSIS OF A REMOTELY CONTROLLED SEED SOWING ROBOT EQUIPPED WITH A SOLAR TRACKING SYSTEM

ABSTRACT

The development of innovative technologies has become increasingly important for ensuring sustainability, reducing energy consumption, and improving productivity in agricultural production. The dependence of conventional agricultural machinery on fossil fuels, along with their high operating costs and environmental impacts, has increased the demand for alternative systems powered by renewable energy sources. This study aims to design and perform engineering analyses of a solar-powered, remotely controlled mobile seed sowing robot equipped with a solar tracking system.

The proposed robot will consist of a soil-opening mechanism, a controlled seed dispensing mechanism designed to place seeds at predetermined depths and intervals, and a soil-covering mechanism to complete the sowing process. A solar panel and an energy storage unit will be used to meet the robot's

© 2026 ISARC Academy

energy requirements, while a solar tracking mechanism will be employed to adjust the panel orientation according to the position of the sun. Three-dimensional solid models of the system will be developed using SOLIDWORKS, and the assembly compatibility and operating principles of the mechanical components will be evaluated. The mechanical behavior of the designed components under operating conditions will be investigated through finite element analyses performed using ANSYS. Furthermore, a control algorithm will be developed to enable the robot's travel speed, steering, seed spacing, and sowing mechanism parameters to be managed through a mobile application.

The study is expected to result in the design of a remotely controlled agricultural robot that utilizes solar energy and enables precision seed sowing. The proposed system is anticipated to contribute to reducing fossil fuel consumption, improving the consistency of sowing operations, and promoting sustainable agricultural practices.

Keywords: Agricultural robot, solar energy, solar tracking system, precision seed sowing, finite element analysis.

© 2026 ISARC Academy

TEMPERLİ ZAMAN-KESİRLİ FISHER–KPP MODELİNDE İSTİLA CEPHESİ YAYILIMININ SAYISAL İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed HASDEMİR

Aydın Adnan Menderes University, Aydın Vocational School of Health Services, Aydın

ORCID ID: 0000-0001-5901-3699

ÖZET

Fisher–Kolmogorov–Petrovsky–Piskunov (Fisher–KPP) denklemi, popülasyonların mekânsal yayılımını açıklamak için kullanılan temel reaksiyon–difüzyon modellerinden biridir [1, 2]. Popülasyonun yerleştiği bölge ile henüz yayılmadığı bölge arasındaki geçişi temsil eden istila cephesi (invasion front) yapılarının ilerleyişi, bellek etkileri içeren modellerde farklılaşabilmektedir. Temperleme yaklaşımı, geçmiş durumların mevcut dinamiklere katkısının üstel olarak sönümlenmesine olanak sağlamaktadır [3]. Bu çalışmada, temperli Caputo tipi zaman türevi içeren Fisher–KPP denkleminde kesir mertebesinin ve temperleme oranının istila cephesi yayılımına etkileri sayısal olarak incelenmektedir. Hesaplamalarda, zamanda temperli L1 yaklaşımına ve uzayda genişletilmiş kübik B-spline kolokasyonuna dayanan bir sayısal şema kullanılmaktadır. Yöntemin doğruluğu kesin çözümü bilinen test problemleriyle değerlendirilmekte; düzgün basamak benzeri ve yerelleşmiş darbe biçimli başlangıç profilleri için yayılım davranışları karşılaştırılmaktadır. Geçiş bölgesinin konumu farklı yoğunluk eşiklerinde izlenerek ilerleme hızları en küçük kareler yöntemiyle kestirilmektedir. Sınır etkilerinin yorumu kısıtlamadığı deneylerde, temperleme oranının artmasıyla ilerlemenin hızlandığı, kesir mertebesinin artmasıyla ise kestirilen hızın azaldığı gözlenmektedir. Farklı başlangıç profillerinde benzer parametre eğilimleri elde edilmiştir. Böylece, temperli belleğin popülasyon yayılımına etkisinin sayısal olarak değerlendirilmesinde etkili sonuçlar elde edilmiştir. Bulgular, incelenen sonlu zaman aralığındaki davranışı yansıtmakta olup asimptotik yayılım hızı olarak yorumlanmamaktadır.

Anahtar kelimeler: Fisher–KPP denklemi, temperli Caputo türevi, istila cephesi, bellek sönümlemesi, B-spline kolokasyonu

A NUMERICAL STUDY OF INVASION FRONT PROPAGATION IN A TEMPERED TIME-FRACTIONAL FISHER–KPP MODEL

ABSTRACT

The Fisher–Kolmogorov–Petrovsky–Piskunov (Fisher–KPP) equation is a fundamental reaction–diffusion model for the spatial spread of populations [1, 2]. The progression of invasion fronts, which represent the transition between occupied and as-yet unoccupied regions, can change in models incorporating memory effects. Tempering allows the contribution of past states to present dynamics to decay exponentially [3]. This study numerically investigates the effects of fractional order and tempering rate on invasion front propagation in the Fisher–KPP equation with a tempered Caputo-type time derivative. The computations use a numerical scheme based on a tempered L1 approximation in time and extended cubic B-spline collocation in space. Accuracy is assessed using test problems with known exact solutions, and propagation behaviour is compared for smooth step-like and localised pulse-like initial profiles. Front positions are tracked at several density thresholds, and propagation speeds are estimated by least-squares fitting. In experiments where boundary effects do not limit interpretation, increasing the tempering rate accelerates front progression, whereas increasing the fractional order reduces the estimated speed. Similar parameter trends are obtained for the different initial profiles. The approach thus yields useful results for the numerical assessment of tempered-memory effects on

© 2026 ISARC Academy

population spread. These findings describe behaviour over the investigated finite time interval and are not interpreted as asymptotic propagation speeds.

Keywords: Fisher–KPP equation, tempered Caputo derivative, invasion front, memory tempering, B-spline collocation

KAYNAKLAR / REFERENCES

[1] Fisher, R. A. (1937). The wave of advance of advantageous genes. Annals of Eugenics, 7(4), 355–369.

[2] Kolmogorov, A. N., Petrovsky, I. G., & Piskunov, N. S. (1937). Étude de l'équation de la diffusion avec croissance de la quantité de matière et son application à un problème biologique. Bulletin of Moscow University, Mathematics and Mechanics, 1(6), 1–25.

[3] Sabzikar, F., Meerschaert, M. M., & Chen, J. (2015). Tempered fractional calculus. Journal of Computational Physics, 293, 14–28.

© 2026 ISARC Academy

İKLİM KRİZİNİN İLETİŞİMİNDE KORKU VE UMUT: THE DAY AFTER TOMORROW V E 2040 FİLMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Şule YENİGÜN ALTIN

Bingöl University, Vocational School of Social Sciences, Marketing and Advertising Department

ORCID ID: 0000-0002-5637-8737

ÖZET

İklim krizi, bilimsel olarak iyi belgelenmiş olmasına karşın toplumsal eylemi harekete geçirme bakımından iletişimsel açıdan en zorlu sorunlardan biri olmayı sürdürmektedir. İklim iletişimi literatüründe uzun süredir tartışılan temel sorulardan biri, kamuoyunu harekete geçirmede korku temelli mesajların mı yoksa umut ve çözüm odaklı mesajların mı daha etkili olduğudur. Bu çalışma, söz konusu tartışmayı popüler görsel kültür üzerinden ele almakta ve iki farklı iletişim stratejisini temsil eden filmleri karşılaştırmaktadır: Roland Emmerich'in yönettiği felaket filmi *The Day After Tomorrow* (2004) ve Damon Gameau'nun çözüm odaklı belgeseli *2040* (2019). Çalışmada nitel karşılaştırmalı çerçeve analizi yöntemi benimsenmiş; filmler, Entman'ın (1993) çerçevelemenin dört işlevi ile Witte'nin (1992) Genişletilmiş Paralel Süreç Modeli'nin tehdit ve etkinlik boyutlarına dayanan bir analiz şeması doğrultusunda incelenmiştir. Bulgular, *The Day After Tomorrow* filminin yüksek tehdit algısı yaratan ancak izleyiciye anlamlı bir etkinlik duygusu sunmayan, bireyi hayatta kalmaya çalışan bir seyirci konumuna yerleştiren bir korku çerçevesi kurduğunu göstermektedir. *2040* ise tehdidi geri planda tutarak mevcut çözümleri görselleştirmekte ve bu yolla öz-yeterlik ile kolektif etkinlik duygusunu güçlendiren bir umut çerçevesi inşa etmektedir. Ne var ki her iki strateji de kendine özgü sınırlılıklar taşımaktadır: Korku çerçevesi kaçınma ve inkâr gibi savunmacı tepkileri tetikleme riski taşırken umut çerçevesi aciliyet duygusunu zayıflatma ve iklim krizinin politik-yapısal boyutlarını görünmez kılma riski taşımaktadır. Çalışma, halkla ilişkiler uygulayıcıları için gerçekçi tehdit bilgisini somut etkinlik mesajlarıyla birleştiren, "yapıcı umut" temelli bütünleşik bir iklim iletişimi yaklaşımı önermektedir.

Anahtar kelimeler: İklim krizi iletişimi, korku çekiciliği, umut, çerçeveleme, halkla ilişkiler, Genişletilmiş Paralel Süreç Modeli

FEAR AND HOPE IN CLIMATE CRISIS COMMUNICATION: A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FILMS 'THE DAY AFTER TOMORROW' AND '2040'

ABSTRACT

Although the climate crisis is scientifically well documented, it remains one of the most challenging communication problems with regard to mobilising social action. A central question in climate communication research concerns whether fear-based messages or hope- and solution-oriented messages are more effective in engaging the public. This study addresses this debate through popular visual culture by comparing two films that represent contrasting communication strategies: Roland Emmerich's disaster film *The Day After Tomorrow* (2004) and Damon Gameau's solutions-focused documentary *2040* (2019). Employing qualitative comparative frame analysis, the films were examined through an analytical scheme drawing on Entman's (1993) four functions of framing and the threat and efficacy dimensions of Witte's (1992) Extended Parallel Process Model. The findings indicate that *The Day After Tomorrow* constructs a fear frame that generates high perceived threat but offers little sense of efficacy, positioning the individual as a spectator struggling to survive. In contrast, *2040* keeps the threat largely in the background and builds a hope frame that strengthens self-efficacy and collective efficacy by visualising existing solutions. Both strategies, however, have distinct limitations: the fear

© 2026 ISARC Academy

frame risks triggering defensive responses such as avoidance and denial, while the hope frame risks weakening the sense of urgency and obscuring the political and structural dimensions of the crisis. The study proposes an integrated communication approach for public relations practitioners, grounded in "constructive hope", which combines realistic threat information with concrete efficacy messages.

Keywords: Climate crisis communication, fear appeals, hope, framing, public relations, Extended Parallel Process Model

© 2026 ISARC Academy

DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN TİCARİ MÜŞTERİ SÜREÇLERİNDE HİZMET VE SÜREÇ İNOVASYONUNA ETKİSİ: TÜRK TELEKOM ÖRNEĞİ

Fatma Yıldız Çeltek

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Finansal İktisat Tezli Yüksek Lisans Programı

ORCID ID: 0009-0007-8857-8788

ÖZET

Dijital dönüşüm, işletmelerin yalnızca teknolojik altyapılarını yenilemelerini değil, hizmet sunumlarını, müşteri etkileşimlerini ve iş süreçlerini yeniden düzenlemelerini de içeren çok boyutlu bir değişim sürecidir. Telekomünikasyon sektöründe dijital müşteri kanalları, otomasyon, veri analitiği ve yapay zekâ destekli uygulamalar; ticari müşterilere yönelik sipariş, hizmet sunumu, teknik destek ve müşteri ilişkileri gibi süreçlerin bütünleşik biçimde yönetilmesine olanak sağlayabilir. Bununla birlikte, teknolojik yatırımların hizmet ve süreç inovasyonuna dönüşmesi yalnızca teknoloji kullanımına değil, örgütsel kapasiteye, çalışanların dijital yetkinliklerine ve değişim yönetimine de bağlıdır. Bu çalışmanın amacı, dijital dönüşümün telekomünikasyon sektöründe ticari müşteri süreçlerindeki hizmet ve süreç inovasyonuyla ilişkisini Türk Telekom örneği üzerinden incelemek ve bu ilişkiyi sürdürülebilirlik ile insan merkezlilik boyutları çerçevesinde değerlendirmektir. Çalışmanın kuramsal çerçevesi; sanayi devrimlerinin tarihsel gelişimi, dijital dönüşümün iktisadi temelleri, inovasyon yaklaşımları ve Endüstri 4.0 ile Endüstri 5.0 tartışmalarına dayanmaktadır. Çalışma, dijital dönüşümün ticari müşteri süreçlerinde hizmet ve süreç inovasyonuyla ilişkisini ilgili literatür çerçevesinde ele almakta ve Türk Telekom örneği üzerinden kavramsal olarak değerlendirmektedir. Bu kapsamda dijital araçların müşteri ihtiyaçlarını belirleme, süreç aksaklıklarını azaltma, hizmetleri geliştirme ve iş süreçlerini yeniden tasarlama potansiyeli üzerinde durulmaktadır. Ayrıca dijitalleşmenin sürdürülebilirlik açısından sunduğu fırsatlar ve beraberinde getirebileceği olası güçlükler ele alınmaktadır. Çalışma, telekomünikasyon sektöründe dijital dönüşüm ile hizmet ve süreç inovasyonu arasındaki ilişkinin teknoloji, örgütsel koşullar, müşteri değeri ve sürdürülebilirlik boyutlarıyla birlikte tartışılmasına katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital dönüşüm, hizmet inovasyonu, süreç inovasyonu, telekomünikasyon, sürdürülebilirlik

THE EFFECT OF DIGITAL TRANSFORMATION ON SERVICE AND PROCESS INNOVATION IN COMMERCIAL CUSTOMER PROCESSES: THE CASE OF TÜRK TELEKOM

ABSTRACT

Digital transformation is a multidimensional process that involves not only renewing technological infrastructure but also reorganizing service delivery, customer interactions, and business processes. In the telecommunications sector, digital customer channels, automation, data analytics, and artificial intelligence-supported applications can enable the integrated management of processes such as orders, service delivery, technical support, and customer relations for commercial customers. However, turning technological investments into service and process innovation depends not only on technology use but also on organizational capacity, employees' digital competencies, and change management. This study aims to examine the relationship between digital transformation and service and process innovation in commercial customer processes in the telecommunications sector through the case of Türk Telekom, and to evaluate this relationship in terms of sustainability and human-centricity. The theoretical

© 2026 ISARC Academy

framework is based on the historical development of industrial revolutions, the economic foundations of digital transformation, innovation approaches, and discussions of Industry 4.0 and Industry 5.0. The study discusses the relationship between digital transformation and service and process innovation in commercial customer processes within the relevant literature and provides a conceptual assessment through the example of Türk Telekom. In this context, it considers the potential of digital tools to identify customer needs, reduce process disruptions, improve services, and redesign business processes. It also addresses the opportunities digitalization offers for sustainability and the potential challenges it may bring. The study aims to contribute to discussion of the relationship between digital transformation and service and process innovation in telecommunications by considering technology, organizational conditions, customer value, and sustainability together.

Keywords: Digital transformation, service innovation, process innovation, telecommunications, sustainability

© 2026 ISARC Academy

TÜRKİYE'DE YABAN HAYATI GELİŞTİRME SAHALARININ ETKİNLİĞİNE İLİŞKİN 2003–2025 POPÜLASYON VERİLERİNE DAYALI YARGI KARARLARI IŞIĞINDA BİR DEĞERLENDİRME

Dr. Öğr. Üyesi Nilay TULUKCU YILDIZBAŞ

İstanbul University, Faculty of Forestry, Department of Environment and Forest Law, 34470

Sarıyer, İstanbul

ORCID ID: 0000-0003-1957-3469

Araş. Gör. Atakan Osman Demircan

İstanbul University, Faculty of Forestry, Department of Environment and Forest Law, 34470

Sarıyer, İstanbul

ORCID ID: 0009-0006-0514-1576

ÖZET

4915 sayılı Kara Avcılığı Kanunu kapsamında Türkiye'de bugüne kadar yaklaşık 1,08 milyon hektar alanda 85 Yaban Hayatı Geliştirme Sahası (YHGS) belirlenmiştir. Bu çalışma, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü (DKMPGM) envanterinde yer alan sahalardan, 2003–2025 döneminde hem ilk hem de son geçerli hedef tür sayımı bulunan 64 YHGS'deki popülasyon performansını değerlendirmekte ve ekolojik bulguları YHGS rejimine ilişkin idari yargı kararlarıyla birlikte ele almaktadır. İncelenen 64 sahanın 43'ünde (%67) hedef tür popülasyonu %10'dan fazla artış göstermiş, 19'unda (%30) azalmış ve 2'sinde (%3) durağan kalmıştır. İncelenen sahalardaki toplam hedef tür birey sayısı 15.517'den 26.469'a yükselerek yaklaşık %71 net artış kaydetmiştir. Bununla birlikte, popülasyon performansı tür grupları arasında belirgin farklılıklar göstermiştir: Karaca ve yaban keçisi sahalarının sırasıyla %86 ve %83'ü artış grubunda yer alırken, çengel boynuzlu dağ keçisi sahalarında bu oran %25 seviyesinde kalmıştır. Saha büyüklüğü ile yüzde popülasyon değişimi arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (Spearman r = −0,07; p = 0,60). Ekolojik analizlere ek olarak, YHGS'nin doğrudan uyuşmazlık konusu olduğu 23 idari yargı kararı (22 Danıştay kararı ve 1 bölge idare mahkemesi kararı) incelenmiş; madencilik, imar/inşaat, sınır değişikliği ve ÇED süreçlerinin tekrarlanan başlıca hukuki çatışma alanları olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, yalnızca resmî alan ilanının tek başına ekolojik başarıyı garanti etmediğini; tür, saha koşulları ve fiilî yönetimin birlikte izlendiği, veriye dayalı ve türe özgü bir koruma yaklaşımına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Korunan alan etkinliği, yaban hayatı geliştirme sahası, popülasyon eğilimi, kara avcılığı kanunu, koruma hukuku, yaban hayatı

AN ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF WILDLIFE DEVELOPMENT AREAS IN TURKEY IN LIGHT OF JUDICIAL DECISIONS BASED ON 2003–2025 POPULATION DATA

ABSTRACT

Under the Land Hunting Law No. 4915, 85 Wildlife Development Areas (WDAs) covering approximately 1.08 million hectares have been designated in Türkiye to date. This study evaluates the

© 2026 ISARC Academy

population performance of 64 WDAs—selected from the inventory of the General Directorate of Nature Conservation and National Parks (DKMPGM) based on the availability of both initial and final valid target species counts between 2003 and 2025—and examines ecological findings alongside administrative court rulings concerning the WDA regime. Among the 64 sites analyzed, target species populations increased by more than 10% in 43 sites (67%), decreased in 19 sites (30%), and remained stable in 2 sites (3%). The total number of target species individuals across the studied sites rose from 15,517 to 26,469, representing a net increase of approximately 71%. However, population performance varied significantly across species groups: while 86% of roe deer sites and 83% of wild goat sites fell into the increasing category, this figure was only 25% for chamois sites. No statistically significant relationship was found between site size and percentage population change (Spearman $r = -0.07$; $p = 0.60$). In addition to ecological analyses, 23 administrative court rulings (22 Council of State decisions and one regional administrative court decision) directly concerning Wildlife Development Areas (YHGS) were examined; mining, zoning/construction, boundary alterations, and EIA processes were identified as the primary recurring areas of legal conflict. The results indicate that the official designation of an area does not, in itself, guarantee ecological success; rather, there is a need for a data-driven, species-specific conservation approach that simultaneously monitors species, site conditions, and actual management practices.

Keywords: Protected area effectiveness, wildlife development area, population trend, Land Hunting Law, conservation law, wildlife

© 2026 ISARC Academy

ANONİM ŞİRKETLERDE KURUCUNUN VEFATI HALİNDE MİRAS YOLUYLA PAY GEÇİŞİNİN SINIRLANDIRILMASI: KANUNİ BAĞLAM (TTK M. 493) VE "KEY PERSON" KLOZLARININ ETKİSİ

Dr. Pelin Atila Yörük

Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Adalet Meslek Yüksekokulu

ÖZET

Girişim sermayesi yatırımlarında kurucunun bilgi birikimi, teknik uzmanlığı ve yönetsel yetkinliği, şirketin sürdürülebilirliği bakımından belirleyici bir rol oynamaktadır. Özellikle teknoloji odaklı girişimlerde kurucunun vefatı, anonim şirket paylarının miras yoluyla intikali ile şirketin ortaklık yapısının ve yönetimsel istikrarının korunması arasında hukuki bir denge kurulmasını gerektirmektedir. Türk hukukunda külli halefiyet ilkesi uyarınca payların mirasçılara geçmesi esas olmakla birlikte, bu geçişin şirketin menfaatleri ve yatırımcıların beklentileri üzerindeki etkileri ayrıca değerlendirilmelidir. Bu çalışmada, kurucunun ölümü hâlinde nama yazılı payların mirasçılara intikalinin sınırlandırılması, Türk Ticaret Kanunu'nun 493. maddesinde düzenlenen kanuni bağlam hükümleri çerçevesinde incelenmektedir. Bu kapsamda, miras yoluyla pay iktisabında şirketin onayı ve gerçek değer üzerinden devralma önerisiyle onaydan kaçınma imkânının hukuki niteliği ele alınmaktadır. Ayrıca, girişim sermayesi yatırımlarında sıklıkla kullanılan "key person" klozları ile pay sahipleri sözleşmelerinde öngörülen alım opsiyonlarının kurucunun vefatı sonrasındaki etkileri, sözleşmelerin mirasçılara karşı ileri sürülebilirliği bakımından değerlendirilmektedir. Çalışmada, esas sözleşme hükümleri ile pay sahipleri sözleşmesi arasındaki ilişkinin, mirasçıların ekonomik menfaatleri ve şirketin devamlılığı birlikte gözetilerek kurulması gerektiği savunulmaktadır. Sonuç olarak, kanuni bağlam mekanizması ile sözleşmesel düzenlemelerin hukuki sınırları gözetilerek uyumlaştırılmasının, kurucunun vefatından kaynaklanabilecek yönetimsel belirsizliklerin azaltılması ve şirketin kurumsal devamlılığının korunması bakımından önem taşıdığı ortaya konulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Anonim Şirket, Miras Yoluyla Pay İktisabı, Kanuni Bağlam, TTK m. 493, Key Person Klozu, Alım Opsiyonu.

RESTRICTION OF SHARE TRANSFER BY INHERITANCE UPON THE DEATH OF THE FOUNDER IN JOINT-STOCK COMPANIES: THE EFFECT OF STATUTORY RESTRICTION (TCC ART. 493) AND "KEY PERSON" CLAUSES

ABSTRACT

In venture capital investments, the founder's know-how, technical expertise, and managerial competence play a decisive role in the sustainability of the company. Particularly in technology-driven startups, the death of the founder necessitates establishing a legal balance between the transfer of joint-stock company shares by inheritance and the preservation of the company's shareholding structure and managerial stability. Under Turkish law, although the transfer of shares to heirs is the general rule pursuant to the principle of universal succession, the effects of this transition on the interests of the company and the expectations of investors must be evaluated separately. In this study, the restriction of the transfer of registered shares to heirs upon the death of the founder is examined within the framework of the statutory restriction *(kanuni bağlam)* provisions regulated under Article 493 of the Turkish Commercial Code (TCC). In this context, the legal nature of the company's approval in the acquisition of shares through inheritance and the possibility of refusing approval by offering to acquire the shares at their real value are addressed. Furthermore, the post-mortem effects of "key person" clauses

© 2026 ISARC Academy

frequently utilized in venture capital investments and call options stipulated in shareholders' agreements are evaluated in terms of the enforceability of such agreements against the heirs. The study argues that the relationship between the articles of association and the shareholders' agreement must be structured by concurrently observing the economic interests of the heirs and the continuity of the company. Consequently, it is demonstrated that harmonizing the statutory restriction mechanism with contractual arrangements within their legal limits is crucial for mitigating managerial uncertainties that may arise from the founder's death and preserving the corporate continuity of the company.

Keywords: Joint-Stock Company, Acquisition of Shares by Inheritance, Statutory Restriction on Share Transfer, TCC Art. 493, Key Person Clause, Call Option.

DERS KİTAPLARININ RETORİĞİ: ORTAOKUL TÜRKÇE, FEN BİLİMLERİ VE SOSYAL BİLGİLER DERS KİTAPLARINDA ÜSTSÖYLEM BELİRLEYİCİLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ

Dr. Serkan FURTUN

Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Education, Department of Turkish Education, Rize, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-7120-8701

Prof. Dr. Ömer Tuğrul KARA

Çukurova University, Faculty of Education, Department of Turkish Education, Adana, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-5418-7718

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, altıncı sınıf Türkçe, Fen Bilimleri ve Sosyal Bilgiler ders kitaplarında seçilen bilgilendirici metinlerdeki duruş ve okuru katma belirleyicilerini karşılaştırmalı olarak incelemektir. Doküman incelemesine dayalı karşılaştırmalı içerik analiziyle yürütülen araştırmanın ortak veri kümesi, altı kitaptan seçilen 88 metin birimi ve 35.363 sözcükten oluşmaktadır. Kodlama kategorileri, Hyland'ın (2005) duruş ve okuru katma modeli temel alınarak Türkçenin dilsel özelliklerine uyarlanmıştır. Metinler bir uzman ve bir kodlayıcı tarafından bağımsız olarak kodlanmış; ortak kapsam dışındaki kayıtlar ayrılarak frekanslar, yüzdeler ve 1.000 sözcük başına kullanım yoğunlukları hesaplanmıştır. Metin yazarı sesi ile aktarılan ses ayrı değerlendirilmiş, iki kodlamanın sonuçları uzlaşma öncesi olarak sunulmuştur. Her iki kodlamada kullanım yoğunluğu Türkçe, Sosyal Bilgiler ve Fen Bilimleri biçiminde sıralanmıştır. Uzman ve kodlayıcı için yoğunluklar sırasıyla Türkçede 89,64 ve 94,91; Sosyal Bilgilerde 20,52 ve 21,78; Fen Bilimlerinde 13,51 ve 13,25'tir. Türkçede kendinden söz etme ve okur zamirleri; Fen Bilimlerinde tutum belirleyicileri ve okur zamirleri öne çıkmıştır. Sosyal Bilgilerde okuru katma belirleyicilerinin payı %80,68 ve %74,95 olup okur zamirlerinin büyük bölümü toplumsal kapsayıcı "biz" gönderimlerinden oluşmuştur. Türkçedeki kendinden söz etme kayıtlarının yaklaşık %87'sinin iki metinde yoğunlaşması, branş toplamlarının metin ve anlatıcı özellikleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermiştir. Tam eşleşen 793 kayıt üzerinde kategori uyumu %97,48 ve koşullu Cohen κ değeri 0,957 bulunurken, kayıt eşleştirme F1 değeri %66,30'dur. Kategori uyumu yalnız ortak saptanan kullanımları yansıtmaktadır. Bulgular, seçili metinlerdeki branş farklılıklarının metin bileşimi ve söyleyenin kimliğiyle birlikte yorumlanmasını gerektirmektedir.

Anahtar kelimeler: Üstsöylem, duruş, okuru katma, ders kitabı retoriği, bilgilendirici metin, kodlayıcı uyumu

THE RHETORIC OF TEXTBOOKS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF METADISCOURSE MARKERS IN LOWER SECONDARY TURKISH, SCIENCE, AND SOCIAL STUDIES TEXTBOOKS

ABSTRACT

This study examines stance and engagement markers in selected informative texts from sixth-grade Turkish, Science, and Social Studies textbooks. Comparative content analysis based on document analysis was conducted on a shared corpus of 88 text units comprising 35,363 words from six books.

© 2026 ISARC Academy

Coding categories were adapted to the linguistic features of Turkish using Hyland's (2005) stance and engagement model. An expert and a coder independently coded the texts. Records outside the shared scope were excluded, and frequencies, percentages, and densities per 1,000 words were calculated. The text author's voice and quoted voices were analyzed separately; results from the two coding datasets are reported before adjudication. Both datasets showed the highest marker density in Turkish, followed by Social Studies and Science. For the expert and coder, respectively, densities were 89.64 and 94.91 in Turkish, 20.52 and 21.78 in Social Studies, and 13.51 and 13.25 in Science. Self-mentions and reader pronouns predominated in Turkish, whereas attitude markers and reader pronouns were prominent in Science. Engagement markers accounted for 80.68% and 74.95% of the Social Studies records, with reader pronouns largely referring to a socially inclusive "we." Approximately 87% of the Turkish self-mention records occurred in two texts, highlighting the need to interpret subject-level totals alongside text and narrator characteristics. Among 793 exactly matched records, category agreement was 97.48%, with a conditional Cohen's κ of 0.957; the record-matching F1 score was 66.30%. Agreement on the categories of jointly identified markers should therefore be distinguished from agreement on identifying markers across the corpus. The findings indicate different interaction patterns across the selected subject-area texts and underline the importance of considering corpus composition and speaker identity when interpreting these patterns.

Keywords: Metadiscourse, stance, engagement, textbook rhetoric, informative text, intercoder agreement

© 2026 ISARC Academy

GÖÇÜN FEMİNİZASYONUYLA DÖNÜŞEN KADIN İMGESİ: FEMİNİST TEOLOJİ, POST-İSLAMCI FEMİNİZM VE İSLAMİ HAREKET KAVRAMLARI BAĞLAMINDA MÜSLÜMAN KADIN GÖÇMENLER HAKKINDA İSLAMİ-FEMİNİST BİR TARTIŞMA

Dr. Coşkun SAĞLIK

Independent Researcher, Sociology, Gaziantep/Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-2255-6715

ÖZET

Göçün feminizasyonu, kadınların uluslararası göç süreçlerinde bağımlı ve ikincil konumlarla tanımlanan özneler olmaktan çıkarak kendi göç kararlarını alabilen ve toplumsal dönüşüm süreçlerine katılabilen bağımsız aktörler olarak öne çıkmalarını ifade etmektedir. Bu çalışma, Müslüman kadın göçmenlerin toplumsal imgesini, özneleşme süreçlerini ve eylemlilik biçimlerini feminist teoloji, post-İslamcı feminizm ve İslami hareketler çerçevesinde İslami-feminist bir yaklaşımla tartışmayı amaçlamaktadır. Çalışmanın kuramsal çerçevesinde feminist teolojinin dinî metinlerin ataerkil yorumlarını sorgulayan yaklaşımı, post-İslamcı feminizmin dindarlık ile bireysel özerklik arasındaki ilişkiye yönelik tartışmaları ve İslami hareketlerin kadınların toplumsal konumlarının şekillenmesindeki rolü ele alınmaktadır. Bu kavramsal çerçeve, Müslüman kadınların dinî aidiyetleri ile özgürleşme arayışları arasındaki ilişkinin ikili karşıtlıklar üzerinden değerlendirilmesinin sınırlarını ortaya koymaktadır.

Savaş, siyasal baskılar ve toplumsal cinsiyet temelli kısıtlamalar nedeniyle göç eden kadınların deneyimleri, göçün kadınlar açısından hem yeni eşitsizlikler üreten hem de mevcut toplumsal rollerin yeniden tartışılmasına imkân tanıyan bir süreç olduğunu göstermektedir. Dil öğrenimi, eğitim, istihdama katılım ve kamusal alanda görünürlük kazanma gibi pratikler, kadınların aile içindeki konumlarını ve toplumsal cinsiyet normlarıyla ilişkilerini dönüştürebilmektedir. Bununla birlikte femo-milliyetçi söylemler, kültürel önyargılar ve göçmenlik statüsünden kaynaklanan belirsizlikler, kadınların özerklik alanlarını sınırlandırabilmektedir. Bu bağlamda çalışma, Müslüman kadın göçmenlerin Batılı söylemlerde sıklıkla pasif ve kurtarılmaya muhtaç mağdurlar olarak temsil edilmesini sorgulamakta, aynı zamanda kadınların dinî kimlikleri, bireysel tercihleri ve toplumsal mücadeleleri aracılığıyla geliştirdikleri eylemlilik biçimlerine odaklanmaktadır. Sonuç olarak makale, göçün feminizasyonuyla dönüşen kadın imgesini İslami-feminist bir perspektiften değerlendirerek din, toplumsal cinsiyet, göç ve özneleşme arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Göçün feminizasyonu, Müslüman kadın göçmenler, feminist teoloji, post-İslamcı feminizm, İslami feminizm.

THE TRANSFORMATION OF THE IMAGE OF WOMEN THROUGH THE FEMINIZATION OF MIGRATION: AN ISLAMIC-FEMINIST DISCUSSION OF MUSLIM WOMEN MIGRANTS IN THE CONTEXT OF FEMINIST THEOLOGY, POST-ISLAMIST FEMINISM, AND ISLAMIC MOVEMENTS

Abstract

The feminization of migration refers to the emergence of women as independent actors who can make their own migration decisions and participate in processes of social transformation, moving beyond positions traditionally defined by dependency and subordination in international migration processes. This study aims to discuss the social image, processes of subject formation, and forms of agency of Muslim women migrants from an Islamic-feminist perspective, drawing on feminist theology, post-Islamist feminism, and Islamic movements. The theoretical framework examines feminist theology's

© 2026 ISARC Academy

critical approach to patriarchal interpretations of religious texts, post-Islamist feminism's debates concerning the relationship between religiosity and individual autonomy, and the role of Islamic movements in shaping women's social positions. This conceptual framework reveals the limitations of assessing the relationship between Muslim women's religious affiliations and their pursuit of emancipation through binary oppositions.

The experiences of women who migrate due to war, political repression, and gender-based restrictions demonstrate that migration is a process that both generates new inequalities for women and creates opportunities to renegotiate existing social roles. Practices such as language acquisition, education, participation in employment, and gaining visibility in the public sphere can transform women's positions within the family and their relationships with gender norms. Nevertheless, femonationalist discourses, cultural prejudices, and uncertainties arising from migrant status may constrain women's spheres of autonomy. In this context, the study challenges the representation of Muslim women migrants in Western discourses as passive victims in need of rescue, while also focusing on the forms of agency they develop through their religious identities, individual choices, and social struggles. In conclusion, the article aims to examine the transformation of the image of women through the feminization of migration from an Islamic-feminist perspective and to explore the relationships among religion, gender, migration, and subject formation.

Keywords: Feminization of migration, Muslim women migrants, feminist theology, post-Islamist feminism, Islamic feminism.

© 2026 ISARC Academy

EV NERESİ? KONUT DURUMU VE YAŞAM DÜZENİNE GÖRE YAŞLILARDA YALNIZLIK, YER BAĞLILIĞI VE TEMEL PSİKOLOJİK İHTİYAÇ DOYUMU

Dr. Öğr. Üyesi Aylin ARICI

Istanbul University-Cerrahpasa, Faculty of Health Sciences,

Department of Social Work, Istanbul, Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-3872-2984

ÖZET

Yerinde yaşlanma politikaları yaşlıların alıştıkları çevrede yaşamlarını sürdürmesini hedeflemektedir; ancak hangi konut ve yaşam düzenlerinin yaşlıların iyi oluşuyla ilişkili olduğuna dair kanıtlar sınırlıdır. Bu çalışmada 65 yaş ve üzeri bireylerde yalnızlık, yer bağlılığı ve temel psikolojik ihtiyaç doyumunun konut durumu, yaşam düzeni ve ikamet süresine göre farklılaşıp farklılaşmadığının incelenmesi amaçlanmıştır. Kesitsel desendeki araştırmaya Türkiye'de toplumda yaşayan 1.709 yaşlı katılmıştır. Veriler UCLA Yalnızlık Ölçeği, Yer Bağlılığı Ölçeği ve Temel Psikolojik İhtiyaçlar Ölçeği ile yüz yüze toplanmıştır. Varyansların homojen olmadığı durumlar nedeniyle çoklu grup karşılaştırmalarında Welch ANOVA ve Games-Howell testleri, iki grup karşılaştırmasında bağımsız örneklem t-testi, kategorik değişkenler arasındaki ilişkilerde ki-kare testi kullanılmıştır. Kendi evinde yaşayanların yalnızlık düzeyi daha düşük, yer bağlılığı ve ihtiyaç doyumu daha yüksektir (η^2 = ,035–,040). Aile bireyine ait evde yaşayanların yer bağlılığı kiracılardan da düşüktür. Yalnızlık yaşam düzenine göre pratik olarak farklılaşmamıştır (η^2 = ,004); buna karşın yalnız yaşayanlar en yüksek, yalnızca çocuklarıyla yaşayanlar ise en düşük yer bağlılığı ve ihtiyaç doyumunu bildirmiştir. Yalnızca çocuklarıyla yaşayanların %35,3'ü aile bireyine ait evde yaşamaktadır ($\chi^2(6)$ = 143,15, p < ,001, V = ,21). Uzun süredir aynı yerde yaşayanlar daha az yalnızlık, daha yüksek yer bağlılığı ve ihtiyaç doyumu bildirmiştir (d = 0,27–0,45). Bulgular, yaşlılıkta iyi oluşun hanede kimin bulunduğundan çok yaşlının kendi evinde ve kendi düzeninde yaşamını sürdürüp sürdürememesiyle ilişkili olduğuna işaret etmektedir. Psikolojik açıdan bu örüntü, özerklik ihtiyacının doyumu ve yere bağlılığın sağladığı kimlik sürekliliği ile açıklanabilir; çocuğunun evine geçen yaşlılar aile yakınlığına karşın bu kaynaklardan yoksun kalıyor olabilir. Sosyal hizmet uygulamalarında yerinde yaşlanmayı destekleyen evde bakım ve destek hizmetlerinin güçlendirilmesi, yaşlının başka bir haneye taşınmasına ilişkin kararlarda ise özerkliğinin ve yere aidiyetinin gözetildiği, yaşlıyı karar sürecine katan bir değerlendirme yapılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: yalnızlık, yer bağlılığı, yerinde yaşlanma, konut, sosyal hizmet

WHERE IS HOME? LONELINESS, PLACE ATTACHMENT, AND BASIC PSYCHOLOGICAL NEED SATISFACTION AMONG OLDER ADULTS BY HOUSING TENURE AND LIVING ARRANGEMENTS

ABSTRACT

Ageing-in-place policies aim to enable older adults to remain in familiar environments; however, evidence concerning which housing conditions and living arrangements are associated with their well-being remains limited. This study examined whether loneliness, place attachment, and basic psychological need satisfaction among individuals aged 65 and older differed according to housing tenure, living arrangements, and length of residence. The cross-sectional study included 1,709 community-dwelling older adults in Türkiye. Data were collected face to face using the UCLA Loneliness Scale, the Place Attachment Scale, and the Basic Psychological Needs Scale. Owing to violations of homogeneity of variance, Welch's ANOVA and Games–Howell tests were used for

© 2026 ISARC Academy

multiple-group comparisons; an independent-samples t-test was used for two-group comparisons, and chi-square tests were used to assess associations between categorical variables. Older adults living in their own homes reported lower loneliness and higher place attachment and need satisfaction ($\eta^2 = .035–.040$). Those living in a family member's home reported lower place attachment even than renters. Loneliness showed virtually no variation by living arrangement ($\eta^2 = .004$); however, those living alone reported the highest levels of place attachment and need satisfaction, whereas those living only with their children reported the lowest. Among participants living only with their children, 35.3% resided in a family member's home ($\chi^2(6) = 143.15$, $p < .001$, $V = .21$). Longer residence in the same place was associated with lower loneliness and greater place attachment and need satisfaction ($d = 0.27–0.45$). The findings suggest that well-being in later life is associated less with who shares the household than with whether older adults can continue living in their own homes and according to their own routines. Psychologically, this pattern may reflect autonomy need satisfaction and the continuity of identity afforded by place attachment; older adults who move into their children's homes may lack these resources despite family proximity. Social work practice should strengthen home-based care and support services that facilitate ageing in place and ensure that decisions about moving to another household consider older adults' autonomy and sense of belonging while actively involving them in decision-making.

Keywords: loneliness, place attachment, ageing in place, housing, social work

© 2026 ISARC Academy

TÜRKİYE'DE SEZARYEN VE PRİMER SEZARYEN ORANLARININ 2022–2025 DÖNEMİNDEKİ DEĞİŞİMİ VE BÖLGESEL FARKLILIKLAR

Dr. Selin DAVUN

Sultanbeyli District Health Directorate, Istanbul, Türkiye

ORCID ID: 0000-0001-5765-7757

ÖZET

Sezaryen doğumlar gerekli durumlarda anne ve bebek sağlığını korumakla birlikte, kullanım düzeylerinin ve bölgesel farklılıkların izlenmesi sağlık hizmetlerinin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Bu çalışmada Türkiye'de 2022–2025 döneminde toplam ve primer sezaryen oranlarının yıllara göre değişiminin ve bölgesel dağılımının incelenmesi amaçlandı. Tanımlayıcı ekolojik ikincil veri analizinde T.C. Sağlık Bakanlığının 2022–2025 Sağlık İstatistikleri Yıllığı haber bültenleri kullanıldı (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2023, 2024, 2025, 2026). Türkiye geneli ve 12 İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflaması birinci düzey (İBBS-1) bölgesi için canlı doğumlar içindeki toplam ve primer sezaryen oranları çıkarıldı. Yıllar arasındaki mutlak değişimler yüzde puan olarak, bölgeler arası açıklık ise en yüksek ve en düşük oranların farkı olarak hesaplandı. Türkiye genelinde toplam sezaryen oranları 2022'den 2025'e sırasıyla %60,1, %61,5, %61,2 ve %59,0; primer sezaryen oranları %31,1, %32,4, %32,2 ve %29,8 idi. 2024–2025 arasında toplam sezaryen oranı 2,2, primer sezaryen oranı 2,4 yüzde puan azaldı. Aynı dönemde toplam sezaryen oranı 12 bölgenin 11'inde geriledi, Kuzeydoğu Anadolu'da değişmedi. 2025'te en yüksek toplam oran Akdeniz'de (%66,9), en düşük oran Kuzeydoğu ve Ortadoğu Anadolu'da (%48,7) görüldü. En yüksek ve en düşük bölgeler arasındaki fark 2022'de 25,5 yüzde puanken 2025'te 18,2 yüzde puana indi. Türkiye'de sezaryen oranları 2023'teki zirvenin ardından 2025'te azalmış ve bölgeler arası açıklık daralmıştır. Bununla birlikte bölgeler arasında belirgin farklılıklar sürmektedir. Toplulaştırılmış veriler tıbbi gerekliliği veya değişimin nedenlerini açıklamadığından, gebelik risk profili ve doğum endikasyonlarını içeren ayrıntılı analizlere ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: Sezaryen; primer sezaryen; bölgesel farklılıklar; sağlık istatistikleri; Türkiye.

TRENDS AND REGIONAL DIFFERENCES IN CESAREAN AND PRIMARY CESAREAN DELIVERY RATES IN TÜRKIYE, 2022–2025

ABSTRACT

Cesarean delivery can protect maternal and neonatal health when medically indicated; monitoring its frequency and regional variation is important for evaluating maternity care. This study examined temporal trends and regional differences in overall and primary cesarean delivery rates in Türkiye during 2022–2025. A descriptive ecological secondary-data analysis was conducted using the Turkish Ministry of Health's Health Statistics Yearbook press releases for 2022–2025 (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2023, 2024, 2025, 2026). Overall and primary cesarean delivery rates among live births were extracted for Türkiye and each of the 12 NUTS-1 regions. Absolute annual changes were calculated in percentage points, and the regional range was defined as the difference between the highest and lowest rates. National overall cesarean delivery rates were 60.1%, 61.5%, 61.2%, and 59.0% in 2022, 2023, 2024, and 2025, respectively; the corresponding primary cesarean rates were 31.1%, 32.4%, 32.2%, and 29.8%. From 2024 to 2025, overall and primary cesarean rates declined by 2.2 and 2.4 percentage points, respectively. The overall rate decreased in 11 of 12 regions and remained unchanged in Northeastern Anatolia. In 2025, the highest overall rate was observed in the Mediterranean region (66.9%), while the lowest rates

© 2026 ISARC Academy

were recorded in Northeastern and Mideastern Anatolia (48.7% each). The difference between the highest and lowest regional rates narrowed from 25.5 percentage points in 2022 to 18.2 in 2025. Following a peak in 2023, cesarean delivery rates in Türkiye declined by 2025, alongside a narrowing of the regional range. Nevertheless, substantial regional differences persist. Aggregated statistics do not allow an assessment of clinical appropriateness or the causes of change; further analyses incorporating maternal risk profiles and indications for delivery are needed.

Keywords: Cesarean delivery; primary cesarean; regional differences; health statistics; Türkiye.

KAYNAKÇA / REFERENCES

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2023). Sağlık İstatistikleri Yıllığı 2022 haber bülteni.

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2024). Sağlık İstatistikleri Yıllığı 2023 haber bülteni.

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2025). Health Statistics Yearbook 2024 press release.

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2026). Health Statistics Yearbook 2025 press release.

ADÖLESAN BİR HASTADA SARKOMATÖZ AŞIRI BÜYÜME VE RABDOMİYOBLASTİK FARKLILAŞMA GÖSTEREN VAJİNAL YERLEŞİMLİ MÜLLERİAN ADENOSARKOM: OLGU SUNUMU

Sena ÜNLÜ

Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kadın Hastalıkları ve Doğum Kliniği, Malatya, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-8373-7213

Zeynep Zeliha SATILMIŞOĞLU

Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Jinekolojik Onkoloji Kliniği, Malatya, Türkiye

ORCID ID: 0000-0001-5582-8102

ÖZET

Giriş: Müllerian adenosarkom, benign epitelyal ve malign mezenkimal bileşenlerden oluşan nadir bir bifazik tümördür. En sık uterin korpusta görülür; vajinal yerleşim ve adölesan yaşta ortaya çıkması son derece nadirdir. Bu bildiride, başlangıçta kompleks adneksiyel kitle ve endometriozis olasılığıyla değerlendirilen, daha sonra vajinal yerleşimli Müllerian adenosarkom tanısı alan 17 yaşındaki olgu sunulmuştur.

Olgu Sunumu: Menstrüasyonları düzenli, cinsel aktif olmayan hastanın öz geçmişinde tedavisiz izlenen hipotiroidi dışında özellik yoktu. Ultrasonografide uterus posterior komşuluğunda 73×53 mm boyutlarında, multiloküler alanlar içeren kompleks lezyon izlendi. Kontrastlı pelvik manyetik rezonans görüntülemede uterus ve endometrium doğal, sağ over polikistik görünümdeydi. Sol adneksiyel loju dolduran yaklaşık 35×59 mm boyutunda; T1 ağırlıklı kesitlerde heterojen hiperintens-hipointens, T2 ağırlıklı kesitlerde hiperintens ve yağ baskılı T1 kesitlerde baskılanmayan alanlar içeren kompleks kistik lezyon saptandı. Pelvik lenfadenopati izlenmedi. Bulgular başlangıçta hematokolpos ve retrograd endometriozis açısından değerlendirildi. İzlemde vajinal kitle nedeniyle dış merkezde opere edilen hastanın kesin histopatolojik incelemesi, sarkomatöz aşırı büyüme ve rabdomiyoblastik farklılaşma gösteren Müllerian adenosarkom olarak raporlandı. Jinekolojik onkoloji konseyinde adjuvan karboplatin-paklitaksel tedavisi planlandı; genetik inceleme ve tiroid değerlendirmesi önerildi.

Sonuç: Adölesanlarda kompleks pelvik kitlelerin ayırıcı tanısında benign nedenler ön planda olsa da nadir genital sistem maligniteleri göz önünde bulundurulmalıdır. Sarkomatöz aşırı büyüme ve heterolog rabdomiyoblastik farklılaşmanın saptanması, risk sınıflandırması, multidisipliner tedavi planlaması ve yakın izlem açısından önem taşır.

Anahtar kelimeler: Müllerian adenosarkom, vajinal kitle, sarkomatöz aşırı büyüme, rabdomiyoblastik farklılaşma, adölesan

VAGINALLY LOCATED MÜLLERIAN ADENOSARCOMA WITH SARCOMATOUS OVERGROWTH AND RHABDOMYOBLASTIC DIFFERENTIATION IN AN ADOLESCENT: A CASE REPORT

ABSTRACT

Introduction: Müllerian adenosarcoma is a rare biphasic tumor composed of benign epithelial and malignant mesenchymal components. It most commonly arises in the uterine corpus; vaginal location

© 2026 ISARC Academy

and presentation during adolescence are exceptionally uncommon. We present a 17-year-old patient who was initially evaluated for a complex adnexal mass and possible endometriosis and was subsequently diagnosed with vaginally located Müllerian adenosarcoma.

Case Presentation: The patient was not sexually active and reported regular menstruation. Her medical history was unremarkable except for untreated hypothyroidism. Ultrasonography demonstrated a 73×53 mm complex lesion containing multilocular areas adjacent to the posterior aspect of the uterus. Contrast-enhanced pelvic magnetic resonance imaging showed a normal uterus and endometrium and a polycystic appearance of the right ovary. A heterogeneous complex cystic lesion measuring approximately 35×59 mm filled the left adnexal region. It contained mixed hyperintense and hypointense areas on T1-weighted images, was hyperintense on T2-weighted images, and included areas without signal suppression on fat-suppressed T1-weighted images. No pelvic lymphadenopathy was detected. The findings were initially considered in the differential diagnosis of hematocolpos and retrograde endometriosis. During follow-up, the patient underwent surgery at another center for a vaginal mass. Definitive histopathological examination revealed Müllerian adenosarcoma with sarcomatous overgrowth and rhabdomyoblastic differentiation. The gynecologic oncology council planned adjuvant carboplatin-paclitaxel therapy and recommended genetic and thyroid evaluation.

Conclusion: Although benign disorders predominate in adolescents with complex pelvic masses, rare genital tract malignancies should remain in the differential diagnosis. Recognition of sarcomatous overgrowth and heterologous rhabdomyoblastic differentiation is important for risk stratification, multidisciplinary management, and close surveillance.

Keywords: Müllerian adenosarcoma, vaginal mass, sarcomatous overgrowth, rhabdomyoblastic differentiation, adolescent

© 2026 ISARC Academy

KADINLARDA ORAL KONTRASEPTİF KULLANIMINA İLİŞKİN SOSYAL MEDYA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: KESİTSEL BİR ANKET ÇALIŞMASI

Sena ÜNLÜ

Malatya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kadın Hastalıkları ve Doğum Kliniği

ORCID: 0000-0002-8373-7213

ÖZET

AMAÇ: Sosyal medyada oral kontraseptiflere (OKS) ilişkin içeriklerle karşılaşma ve olumsuz içeriklerden kaynaklanan çekincelerin, kadınların OKS kullanım isteğiyle ilişkisini değerlendirmek amaçlandı.

GEREÇ VE YÖNTEM: Kesitsel anket çalışmasında, katılım onamı veren 18–49 yaş aralığındaki 419 kadın değerlendirildi. Sosyal medya kaynaklı çekince ve OKS kullanım isteği arasındaki ilişki, ilgili verileri tam olan 418 katılımcı üzerinden analiz edildi. Sosyal medya maruziyeti, bildirilen etkilenme ve hekim tarafından uygun bulunması durumunda OKS kullanma isteği değerlendirildi. Kategorik karşılaştırmalarda Fisher kesin testi kullanıldı. OKS kullanım isteği; yaş, eğitim düzeyi, önceki OKS kullanımı ve gebelik planı (mevcut gebelik ayrı kategori) için düzeltilmiş lojistik regresyonla incelendi.

BULGULAR: Katılımcıların %98,8'i sosyal medya kullanıyor, %13,6'sı son altı ayda OKS içeriğiyle karşılaştığını bildiriyordu. İçerikle karşılaşanların %36,8'i, karşılaşmayan veya hatırlamayanların %22,1'i sosyal medyanın OKS hakkındaki düşüncelerini etkilediğini belirtti (p=0,020). Olumsuz içeriklerden dolayı OKS kullanmaktan çekindiğini bildirenler %30,9 (129/418) idi. Hekim uygun gördüğünde OKS kullanmayı düşünme oranı çekince bildirenlerde %58,9 (76/129), çekince bildirmeyen veya kararsız olanlarda %74,7 (216/289) bulundu (p=0,0018). Çok değişkenli analizde çekince bildirme, daha düşük kullanım isteğiyle ilişkiliydi (düzeltilmiş OR=0,457; %95 GA: 0,287–0,726; p<0,001).

SONUÇ: Sosyal medya kaynaklı olumsuz içeriklerden çekince bildirmek, diğer değişkenler dikkate alındığında da daha düşük OKS kullanım isteğiyle ilişkiliydi. Kesitsel tasarım nedensellik çıkarımına izin vermemektedir. Kontraseptif danışmanlığında dijital bilgi kaynakları ve bu kaynaklara ilişkin endişelerin sorgulanması yararlı olabilir.

Anahtar Kelimeler: Oral kontraseptif; sosyal medya; kontraseptif danışmanlık; kesitsel araştırma.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF SOCIAL MEDIA ON ORAL CONTRACEPTIVE USE AMONG WOMEN: A CROSS-SECTIONAL SURVEY STUDY

ABSTRACT

OBJECTIVE: To evaluate the association between exposure to social media content about oral contraceptives (OCs), concerns arising from negative content, and women's willingness to use OCs.

MATERIALS AND METHODS: This cross-sectional survey evaluated 419 consenting women aged 18–49 years. The association between social media-related concerns and willingness to use OCs was analyzed among 418 participants with complete relevant data. Exposure to social media content, self-reported influence, and willingness to use OCs if deemed medically appropriate by a physician were assessed. Categorical variables were compared using Fisher's exact test. Logistic regression was used to assess willingness to use OCs, adjusting for age, education level, previous OC use, and pregnancy plans (with current pregnancy treated as a separate category).

© 2026 ISARC Academy

RESULTS: Overall, 98.8% of participants used social media, and 13.6% reported encountering OC-related content in the preceding six months. Among those who had encountered such content, 36.8% reported that social media influenced their views on OCs, compared with 22.1% of those who had not encountered or did not recall such content (p=0.020). Concerns about using OCs due to negative content were reported by 30.9% (129/418). Willingness to use OCs if recommended as medically appropriate by a physician was 58.9% (76/129) among those reporting concerns and 74.7% (216/289) among those not reporting concerns or who were undecided (p=0.0018). In multivariable analysis, reporting concerns was associated with lower willingness to use OCs (adjusted OR=0.457; 95% CI: 0.287–0.726; p<0.001).

CONCLUSION: Reporting concerns arising from negative social media content was associated with lower willingness to use OCs after adjustment for other variables. The cross-sectional design precludes causal inference. Addressing digital information sources and related concerns may be useful during contraceptive counseling.

Keywords: Oral contraceptives; social media; contraceptive counseling; cross-sectional study.

© 2026 ISARC Academy

Al_2O_3 VE CuO NANOAKIŞKANLARINDA GEÇİCİ ISIL İLETKENLİK ÖLÇÜMÜNDE OKUMA-AKIŞI STABİLİZASYONU VE BAĞIMSIZ TEKRAR HAZIRLIĞIN ÖLÇÜM GÜVENİLİRLİĞİNE ETKİSİ

Semahat Doruk

Çankırı Karatekin University, Çankırı, Türkiye

ORCID ID: 0000-0001-8476-2544

ÖZET

Geçici (transient) iğne-prob sensörleri birkaç dakika içinde bir ısıl iletkenlik değeri verir; bu nedenle tek bir dolu nanoakışkan numunesi üzerinde çok sayıda ardışık okuma alıp bunları ortalama ve standart sapma olarak özetlemek yaygın bir alışkanlıktır. Bu çalışmada, böyle bir değerin gerçekte neyi nitelediği deneysel olarak incelenmiştir. Çizgi-kaynak esaslı geçici bir sensör kullanılarak alüminyum oksit (Al_2O_3) ve bakır(II) oksit (CuO) nanoakışkanları, ortak bir Taguchi L9 dizisi (konsantrasyon, sonikasyon süresi, taban sıvı, pH) üzerinde hazırlanmış; on sekiz koşulun her biri, mevcut bir numunenin yeniden ölçülmesi yerine sıfırdan tartılıp hazırlanan tam bağımsız iki ayrı parti olarak üretilerek 36 okuma akışı ve 465 okuma elde edilmiştir. Her akışa, ortalama almadan önce dengelenme-öncesi bölümü dışlayan stabilizasyon-öncelikli bir kural uygulanmış; stabilize olan akışlarda bu, havuzlanmış ölçüm-içi değişkenlik katsayısını yaklaşık yarıya indirmiştir (%2,26'dan %1,11'e). Ardından her formülasyonun iki bağımsız hazırlığı karşılaştırılmıştır. Değerlendirilebilir 15 çiftin 11'inde, hazırlıklar arası fark birleşik ölçüm-içi (Tip A) tekrarlanabilirlik eşiğinden büyük çıkmış (ortanca %2,1, en yüksek %21,1) ve bunun bir sıcaklık etkisi olmadığı üç ayrı kontrolle gösterilmiştir; CuO için en büyük değişkenlik kaynağı hazırlık-ilişkili bir bileşendir. Genişletilmiş belirsizlik ±%5'lik cihaz doğruluk özelliğince belirlendiğinden, yaklaşık on okumanın ötesinde okuma eklemek kayda değer bir iyileşme sağlamamıştır. Pratik sonuç: tek bir numune üzerindeki ardışık okumalar yalnızca ölçüm-içi tekrarlanabilirliği nitelendirir; güvenilir bir nanoakışkan ölçümü, dengelenmeyi göstermeli, hazırlık adımını bağımsız tekrarlarla örneklemeli ve bu iki değişkenliği ayrı ayrı raporlamalıdır.

Anahtar kelimeler: geçici ısıl iletkenlik, nanoakışkan, okuma-akışı stabilizasyonu, hazırlık tekrarlanabilirliği, ölçüm belirsizliği, KD2 Pro

EFFECT OF READING-STREAM STABILISATION AND INDEPENDENT RE-PREPARATION ON THE RELIABILITY OF TRANSIENT THERMAL-CONDUCTIVITY MEASUREMENTS OF Al_2O_3 AND CuO NANOFLUIDS

ABSTRACT

A transient needle-probe sensor returns a thermal conductivity within minutes, so it is common practice to take many consecutive readings on a single loaded nanofluid sample and summarise them as a mean and standard deviation. This work examines experimentally what such a figure actually characterises. Using a transient line-source sensor, alumina (Al_2O_3) and copper(II) oxide (CuO) nanofluids were formulated over a shared Taguchi L9 array of concentration, sonication time, base fluid and pH; every one of the eighteen conditions was prepared twice as a fully independent batch, weighed and dispersed from scratch rather than re-measured, yielding 36 reading streams and 465 readings. A stabilisation-first rule was applied to each stream to discard the pre-equilibration portion before averaging; for the streams that stabilised this roughly halved the pooled within-run coefficient of variation (from 2.26 % to 1.11 %). The two independent preparations of each formulation were then compared. In 11 of 15 assessable pairs the between-preparation difference exceeded the combined within-run (Type A) repeatability

© 2026 ISARC Academy

threshold (median 2.1 %, maximum 21.1 %), and three checks showed this was not a temperature effect; for CuO a preparation-associated component was the largest source of variability. Because the expanded uncertainty was governed by the ±5 % instrument accuracy specification, adding readings beyond about ten gave little improvement. The practical outcome is that consecutive readings on one sample characterise within-run repeatability only; a trustworthy nanofluid measurement must demonstrate equilibration, sample the preparation step with independent duplicates, and report these two variabilities separately.

Keywords: transient thermal conductivity, nanofluid, reading-stream stabilisation, preparation repeatability, measurement uncertainty, KD2 Pro

© 2026 ISARC Academy

GOVERNING ROAD SAFETY IN URBAN SOUTH ASIA: PUBLIC PERCEPTIONS AND POLICY STRATEGIES FOR ANIMAL–VEHICLE COLLISIONS IN LAHORE, PAKISTAN.

1) **Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti**, Associate Professor & COD, Dept. of Architecture, School of Architecture & Planning, UMT, Lahore, Pakistan.

2) **Prof. Dr. Muhammad Asad Ghufran, Professor, IIUI, Islamabad**.

3) **Meharunisa Butt,** Urban Planner & Researcher, Lahore, Pakistan.

4) **Ar. Fahad Khan**, Lecturer, Dept. of Architecture, School of Architecture & Planning, UMT, Lahore, Pakistan.

5) **Ar. Kabeer Ud Din Naseer,** Assistant Professor, Dept. of Architecture, School of Architecture & Planning, UMT, Lahore, Pakistan.

ABSTRACT

Animal-vehicle collisions (AVCs) represent a significant yet understudied challenge in rapidly urbanizing cities of the Global South, where free-roaming domestic animals compound traffic safety risks. While extensive research exists on wildlife-vehicle collisions in developed nations, little attention has been given to urban AVC dynamics in South Asian contexts. Therefore, this study aims to explore public perceptions of AVCs and evaluate preferred prevention strategies in Lahore, Pakistan, where free-roaming livestock and stray animals significantly impact traffic safety. Using a structured questionnaire survey administered to 575 respondents, the research indicate that vehicle speed emerges as the most critical factor, particularly among respondents aged 31-40 years, while poor lighting and lack of signage are widely recognized as contributing elements to AVCs. Female participants indicated stronger support for regulatory measures such as speed enforcement, and male respondents supported infrastructural solutions, i.e., fencing to mitigate AVCs. To reduce AVCs, educational attainment significantly influences preferences, as highly educated respondents prioritize awareness campaigns while those with primary education emphasize practical roadside maintenance. These findings provide empirical evidence to guide the development of context-sensitive prevention strategies in South Asian cities, suggesting the need for integrated approaches that combine infrastructure improvements, public education initiatives, and policy reforms.

KEYWORDS: Animal-Vehicle Collisions (AVCs), Traffic Safety, Free-Roaming Animals, Urban Transportation, Road Infrastructure.

© 2026 ISARC Academy

MITIGATING URBAN FRAGMENTATION: A COMPARATIVE ASSESSMENT OF GREEN BRIDGING FOR PERI-URBAN LANDSCAPE RESILIENCE.

1) **Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti**, Associate Professor & COD, Dept. of Architecture, School of Architecture & Planning, UMT, Lahore, Pakistan.

2) **Prof. Dr. Muhammad Asad Ghufran, Professor, IIUI, Islamabad**.

3) **Ar. Rashid Ali Khan,** Assistant Professor, Dept. of Architecture, School of Architecture & Planning, UMT, Lahore, Pakistan.

4) **Ar. Naveed ur Rehman Anwar**, Assistant Professor, Department of Architecture, Balochistan University of Information Technology, Engineering and Management Sciences, Quetta.

5) **Ar. Alishpa Naveed,** Practicing Architect & Interior Designer, Pakistan.

ABSTRACT

The development of Lahore Ring Road (LRR) has significantly improved the regional transportation logistics; however, it is also a long-lasting ‘grey barrier' which divides the peri-urban systems and breaks the micro-social fabric of adjoining residential clusters. Considering the dynamics of traffic throughput is the main approach to infrastructure assessment, this research uses a socio-ecological approach to assess the feasibility of “Green Bridging” as a restorative landscape intervention. This paper takes an infrastructural ‘barrier effect’ approach based on the secondary sources of systematic literature review and comparative case analysis to explore the infrastructural barrier effect, experienced through the urban fabric of Lahore. The study will map out key socio-ecological break points in the most affected areas of Lahore, such as Bahria Town, Lake City and Northern Loop, by comparing international precedents of vegetated overpass, namely successful models in Singapore and the Netherlands, with Lahore's micro-climatic and spatial variables. The evaluation is organized around three thematic headings: the mitigation of the Urban Heat Island (UHI) effect through the creation of local metabolic corridors; the reopening of the pedestrian permeability of fragmented communities; and the use of native plants for the bioremediation of vehicles exhaust. The results show that GIs are a multipurpose solution to conventional pedestrian overpasses that can serve as a social connective tissue as well as a biological conduit. The paper concludes with a vision and a strategy for introducing living architecture into the next stages of LRR development, and suggests a paradigm change to resilient and socially-engaged urban ecosystems.

KEYWORDS: Socio-ecological infrastructure, Barrier effect, Green bridging, Urban fragmentation, Lahore Ring Road (LRR).

© 2026 ISARC Academy

MOVEMENT AND NEED-BASED FACILITIES IN HIGH-RISE BUILDINGS.

1) **Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti**, Associate Professor & COD, Dept. of Architecture, School of Architecture & Planning, UMT, Lahore, Pakistan.

2) **Prof. Dr. Muhammad Asad Ghufran,** Professor, IIUI, Islamabad.

3) **Prof. Ar. Dr. Waqas Ahmed Mahar,** Department of Architecture, School of Art, Design and Architecture (SADA), National University of Sciences and Technology (NUST), Islamabad 44000, Pakistan.

4) **Ar. Reena Majid Memon,** Associate Professor, Dawood University of Engineering and Technology, Karachi.

5) **Ar. Naveed Iqbal,** Department of Architecture, School of Art, Design and Architecture (SADA), National University of Sciences and Technology (NUST), Islamabad 44000, Pakistan.

ABSTRACT

Urbanization and alarming population growth necessitate more space for accommodation and commercial activities, increasing demand for high-rise buildings. Pursuing the success of a high-rise building overlooks how user satisfaction and requirements can be achieved through the provided facilities. This perception demands a more comprehensive understanding of movement and need-based facilities – not just an overview but its impacts on occupants' satisfaction. Recent literature sheds light on diverse high-rise building facilities, yet withhold insight into ternary building sustainability aspects. The current paper attempts to analyze how the movement and need-based facilities fulfill users' satisfaction in terms of health, comfort, and safety, fostering social, economic, and environmental sustainability. Literature is reviewed, and a case study is simultaneously presented for disseminating exhaustive knowledge. Key findings reveal that technological advancements have translated facilities into automated, smart, efficient, and optimized frameworks, transforming conventional high-rise buildings into modern urban architectures. Horizontal and vertical circulation zones, fundamental utility facilities, safety and emergency evacuation facilities, support-based, and convenience-based facilities fulfill the users' demands, improve mental and physical well-being, and enhance safety, thereby having a significant influence on satisfaction levels. The study reveals the importance of circulation zones and need-based facilities and establishes a strong foundation to improve their design and planning in high-rise structures. Besides, the study contributes with a real-world case, granting insights into a rare study area in Karachi.

KEYWORDS: High-rise buildings, Sustainability, Safety, Energy-efficient.

© 2026 ISARC Academy

THE IMPLEMENTATION OF GAMIFICATION USING WORDWALL FOR TEACHING COMMERCE MODULES AT THE UNIVERSITY OF THE FREE STATE

Ijeoma C Ogbonnaya

University of the Free State

Abstract

University lecturers frequently report low levels of student engagement and interaction in commerce education classrooms, particularly in economics and accounting modules. This challenge negatively affects students' academic performance and may influence enrolment and graduation rates in these disciplines. In line with the theme of Quality Enhanced Learning and Teaching: Human-Centred Learning and Teaching for Societal Impact, this study examined how gamification, supported by the Wordwall digital platform, enhanced student engagement and learning experiences in commerce modules at the University of the Free State, Qwaqwa campus. The study argues that gamification-assisted Wordwall is an innovative classroom practice that enhances student engagement, participation, and attendance by creating interactive and learner-centred experiences that motivate students to participate actively in learning activities. The research question that guided this paper was: *How does Wordwall enhance student engagement and learning experiences?* A qualitative research approach was adopted with 40 final-year students enrolled in the Economics module (EMST 4705) and the Accounting module (ACTV 4705). A semi-structured interview and Wordwall analytics were used to triangulate the data. Wordwall analytics captured data on engagement indicators, participation rates, activity completion, and related metrics. Both the interview data and the analytics showed increased student participation and sustained engagement during classroom activities. Participants revealed that Wordwall enhanced collaboration, interaction, and enjoyment during lectures while improving their understanding of key Economics and Accounting concepts. These findings highlight the importance of human-centered teaching approaches that place students at the center of the learning process and encourage meaningful participation. The platform's interactive features, immediate feedback mechanisms, and opportunities for peer learning contributed to an inclusive and motivating learning environment that accommodated diverse learning preferences and fostered a sense of belonging among students. Overall, the study demonstrates that integrating gamified digital tools into commerce education classrooms can enhance learning and teaching quality by fostering engagement, motivation, collaboration, and deeper conceptual understanding. The study recommends that higher education institutions and teacher education programs provide educators with training and support in the use of innovative tools that promote student-centered learning.

Keywords: Accounting, Economics, Gamification, Wordwall

© 2026 ISARC Academy

COMPARATIVE ANALYSIS OF BILATERAL PEAK FORCE SYMMETRY IN SPORTS AND NON-SPORTS GIRLS UNDER PROGRESSIVE BACKPACK LOADS AND WALKING DURATIONS

Dr. Rabiya Husain

Assistant Professor (Guest), School of Education Studies, Dr. B. R. Ambedkar University Delhi, New Delhi, Delhi, India.

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-1434-1191

Ajit Kumar

Independent Researcher, Delhi, India.

Prof. (Dr.) Dhananjoy Shaw

Retired Professor, Indira Gandhi Institute of Physical Education and Sports Sciences, University of Delhi, New Delhi, Delhi, India.

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4275-6389

Abstract

Introduction: Backpack carriage imposes external mechanical stress on the developing musculoskeletal system and may alter gait mechanics, ground reaction forces and bilateral force distribution. Peak Force 1 (PF1), associated with weight acceptance and shock absorption and Peak Force 2 (PF2), associated with propulsion, provide important indicators of gait biomechanics. The present work examining the bilateral symmetricity of PF1 and PF2 in sports-active and non-sports school-going girls under progressive backpack loads and varying walking durations.

Research and Findings: A total of 138 school-going girls aged 10 to 16 years were investigated, comprising 69 sports-active and 69 non-sports participants. Study employed a repeated-measures experimental design involving six backpack-load conditions (0%, 8%, 12%, 16%, 20% and 25% of body weight) and seven walking-duration conditions (0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 minutes), resulting in 42 experimental conditions. Bilateral PF1 and PF2 were assessed using a Zebris FDM-S pressure plate system. Descriptive statistics and paired-sample *t*-tests at the 0.05 level were used to examine left-right differences. Across both populations, progressive backpack loading produced a clear increase in PF1 and PF2 in both limbs, indicating progressively greater mechanical demands during weight acceptance and propulsion. Bilateral force differences were generally smaller under lower-load conditions and became more evident as mechanical demand increased. The sports-active group demonstrated comparatively stable force responses across walking durations, although significant bilateral differences were observed across numerous load-duration combinations. PF1 generally showed greater right-foot force, whereas PF2 demonstrated a tendency toward higher left-foot force. In non-sports girls, higher loads and prolonged walking were associated with more evident bilateral asymmetry and increased variability, suggesting greater sensitivity to cumulative mechanical stress and fatigue. Overall, load magnitude emerged as a consistent determinant of force production in both groups, while the influence of walking duration appeared more pronounced in non-sports participants.

Conclusion: The combined findings demonstrate that progressive backpack loading alters ground reaction force characteristics and bilateral gait symmetry in school-going girls irrespective of sports participation. Sports participation may be associated with greater tolerance to prolonged walking, but it does not eliminate load-induced biomechanical alterations. The findings emphasize the importance of

© 2026 ISARC Academy

appropriate backpack-load management, ergonomic practices and monitoring of gait symmetry in school-going populations.

Keywords: Backpack Load; Gait Symmetry; Peak Force 1; Peak Force 2; Ground Reaction Force; School-Going Girls.

© 2026 ISARC Academy

TITLE: DESIGNING INCLUSIVE LEARNING ENVIRONMENTS: THE ROLE OF INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY IN SUPPORTING NEURODIVERGENT STUDENTS

Farhana Naz

Assistant Professor, Lahore College for Women University, Faculty of Arts and Social Sciences, Interior Design Department, Lahore, Pakistan.

PhD Graduate Researcher, University of Melbourne, Faculty of Architecture, Building and Planning, School of Design Melbourne, Australia

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0000-9495-5489

Abstract:

Inclusive learning environments require careful consideration of indoor environmental quality (IEQ) to support the diverse sensory, behavioral, and learning needs of neurodivergent students. This review examines how acoustics, lighting, thermal conditions, air quality, and spatial layout influence the learning experiences and well-being of children with autism spectrum disorder (ASD) and attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD), with particular attention to design strategies and evidence from Australian educational settings. The methodology involved a focused review and synthesis of the supplied literature, including empirical studies, systematic reviews, classroom investigations, design guidance, and post-occupancy evaluations. Evidence was organized according to key IEQ dimensions to identify reported effects, the strength and limitations of the available evidence, and corresponding design responses.

The findings identify acoustics and lighting as prominent factors influencing sensory comfort, attention, behaviour, and classroom engagement. Background noise and excessive reverberation are associated with distractibility and difficulties with speech processing, while glare, flicker, high-intensity lighting, and visual clutter may contribute to sensory overload. Predictable spatial layouts, sensory zoning, clear wayfinding, and dedicated quiet or escape spaces are also reported to support navigation, regulation, and engagement. Evidence concerning thermal conditions remains preliminary, while the reviewed literature provides insufficient neurodiversity-specific evidence to establish direct relationships between air-quality measures and learning outcomes.

Australian research within the reviewed sources is concentrated primarily on classroom acoustics, with limited evidence of comprehensive design guidance addressing neurodivergent students' broader IEQ needs. The review concludes that inclusive learning spaces should incorporate adaptable, sensory-responsive design strategies rather than rely solely on uniform environmental standards. However, stronger empirical research, objective outcome measures, and further evaluation of design interventions are needed to establish more reliable, context-sensitive guidance for inclusive school environments.

Keywords: Inclusive learning environments; indoor environmental quality; neurodiversity; sensory-responsive design

© 2026 ISARC Academy

IMPACT OF MATERNAL MICRONUTRIENT SUPPLEMENTATION ON NEONATAL BIRTH OUTCOMES

Dr. Bela Inayat, Dr. Ayesha Jamil

Khyber Girls Medical College, Pakistan

ABSTRACT

Maternal nutrition significantly influences fetal growth, birth weight, and neonatal health. Deficiencies in iron, calcium, folic acid, and vitamin D increase the risks of preterm birth, low birth weight, and neonatal complications. Aim of this study was to assess the impact of maternal micronutrient supplementation on neonatal birth weight and health outcomes. A quasi experimental study was conducted at Health Net Hospital, Peshawar. A total of 110 pregnant women were recruited (59 supplemented, 51 non-supplemented). Data on maternal dietary intake, weight gain, and micronutrient consumption were collected. Neonatal birth weight, gestational age, NICU admissions, and morbidity were recorded. Statistical analysis was performed using SPSS version 25.0, with independent t-tests and chi-square tests ($p<0.05$ considered significant). It was found that neonates in the supplemented group had significantly higher birth weights (3343.54 ± 407.90 g vs. 2825.63 ± 322.46 g, $p<0.001$). NICU admissions were lower in the supplemented group (6.8% vs. 43.1%, $p<0.001$). Neonatal morbidity, including infections, jaundice, and respiratory distress, was significantly lower in the supplemented group ($p<0.001$). It was observed that micronutrient supplementation during pregnancy improves neonatal birth weight and reduces neonatal morbidity. These findings highlight the need for targeted maternal nutrition strategies to improve neonatal outcomes, particularly in resource- limited settings.

Keywords: Maternal Nutrition, Micronutrient Supplementation, Neonatal Birth Weight, Neonatal Morbidity, Pregnancy Outcomes

© 2026 ISARC Academy

NİJERYALI ERGEN ÖĞRENCİLER ARASINDA ÜREME SAĞLIĞI, MENSTRÜEL HİJYEN VE BEDENSEL GÜVENLİK KONUSUNDA BİLGİ, TUTUM VE UYGULAMA DEĞERLENDİRMESİ

Junaid Uthman Abayomi

Osun State University, Faculty of Arts and Humanities

ORCID ID: 0009-0009-2030-3686

Kouyate Ibrahim Junior

Far Eastern Federal University - School of medicine

ORCID ID: 0009-0004-9708-2870

Safiya Samaila Kogo

St. Petersburg State Pediatric Medical University, Department of Nursing

ORCID ID: 0009-0003-6809-7208

Oyebola Oreoluwa Elizabeth

Osun State University, Faculty of Public Health

ORCID ID: 0009-0009-8860-8179

ÖZET:

Ergenlik, önemli fiziksel, duygusal ve sosyal değişikliklerle karakterize edilen insan gelişiminin kritik bir aşamasıdır. Üreme sağlığı, menstrüel hijyen ve bedensel güvenlik ile ilgili yeterli bilgi ve uygun uygulamalar, ergenlerin refahını teşvik etmek ve sağlıkla ilgili zorlukları önlemek için esastır. İnsanlar çocukluktan ergenliğe geçerken, toplumun onları nasıl karşılaştırdığından bağımsız olarak, kendi standartları ve yargılarıyla soyut özellikler ve benlik kavramları oluştururlar.

Bu çalışma, Osun Eyaleti, Owode-Ede'deki Hephzibah Lisesi'nin ergen öğrencileri arasında üreme sağlığı, menstrüel hijyen ve bedensel güvenliğe ilişkin bilgi, tutum ve uygulamaları değerlendirmiştir.

Tanımlayıcı kesitsel bir araştırma tasarımı gerçekleştirilmiştir. Kolayda örnekleme tekniği kullanılarak toplam 160 ergen kız ve erkek öğrenci çalışmaya dahil edilmiştir. Katılımcılardan veri toplamak için yarı yapılandırılmış, destekli ve kendi kendine doldurulan bir anket kullanılmıştır. Anket, katılımcıların sosyo-demografik özelliklerini, üreme sağlığı, menstrüel hijyen ve bedensel güvenlik bilgilerini, bu kavramlara yönelik tutumlarını ve ilgili uygulamalarını değerlendirmiştir. Veriler tanımlayıcı ve çıkarımsal istatistikler kullanılarak analiz edilmiştir.

Çalışma, ergenlerin genel sağlık ve refahını artırmak amacıyla okullarda yoğunlaştırılmış sağlık eğitimi programlarının uygulanmasını, üreme sağlığı bilgilerine erişimin iyileştirilmesini, uygun menstrüel hijyen uygulamalarının teşvik edilmesini ve ergenler arasında sürekli bedensel güvenlik eğitimi verilmesini önermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Üreme Sağlığı, Menstrüel Hijyen, Bedensel Güvenlik, Ergenle

© 2026 ISARC Academy

ASSESSMENT OF KNOWLEDGE, ATTITUDE AND PRACTICE ON REPRODUCTIVE HEALTH, MENSTRUAL HYGIENE AND BODY SAFETY AMONG NIGERIAN ADOLESCENT STUDENTS

ABSTRACT:

Adolescence is a critical stage of human development characterized by significant physical, emotional, and social changes. Adequate knowledge and appropriate practices regarding reproductive health, menstrual hygiene, and body safety are essential for promoting the well-being of adolescents and preventing health-related challenges. As people grow from childhood to adolescence, they create abstract traits and self-concepts with their own standards and judgments, independent of how society compares them.

This study assessed the knowledge, attitude, and practice of reproductive health, menstrual hygiene, and body safety among adolescent students of Hephzibah High School, Owode-Ede, Osun State.

A descriptive cross-sectional study design was conducted. A total number of 160 Adolescent male and female students were recruited using a convenience sampling technique. A semi- structured facilitated self-administered questionnaire were used to collect data from respondents. The questionnaire assessed respondents' socio-demographic characteristics, knowledge of reproductive health, menstrual hygiene and body safety, attitudes towards these concepts, and related practices. Data were analyzed using descriptive and inferential statistics.

The study recommends intensified school-based health education programs, improved access to reproductive health information, promotion of proper menstrual hygiene practices, and continuous body safety education among adolescents to enhance their overall health and well-being.

KEYWORDS: Reproductive Health, Menstrual Hygiene, Body safety, Adolescents

© 2026 ISARC Academy

WHEN CLIMATE SHOCKS MOVE PEOPLE: INTERNAL DISPLACEMENT AND URBAN HEALTH SPILLOVERS IN THE GLOBAL SOUTH

Prof Mamta Sharma

KM College, University of Delhi, India

ORCID number 0009-0009-5804-7673

Prof Sandeep K Sharma

Rajdhani College, University of Delhi, India

ORCID number 0009-0005-0636-9102

ABSTRACT

Climate change is widely recognised as a structural driver of internal displacement, yet its causal effects on urban health in the Global South remain poorly identified. This paper traces a three-stage pathway from climate shocks, through forced rural-to-urban migration and resulting urban congestion, to declining population health. Using a panel of about 2,400 district-year observations from eight high-displacement countries (Bangladesh, India, Pakistan, Nigeria, Ethiopia, Kenya, Mozambique and the Philippines) for 2000–2022, we instrument displacement with standardised rainfall anomalies and cyclone wind-field exposure to address endogenous migration decisions. A 10% rise in displacement increases under-5 mortality by 2.3 per 1,000 live births and diarrhoeal incidence by 4.1%, and lowers facility-based deliveries by 5.8 percentage points. Overloaded water and sanitation systems explain 42% of the effect, followed by health-facility crowding (28%), nutritional stress (18%) and mental health decline (12%). Impacts are larger in secondary cities and low-governance settings, and cyclone-driven displacement causes nearly twice the harm of drought-induced migration. The findings inform anticipatory urban health planning, Loss and Damage finance, and universal health coverage for internally displaced persons.

Keywords: Climate-induced displacement; Urban health; Rural-to-urban migration; Instrumental variables; Global South; Loss and Damage

© 2026 ISARC Academy

ROLE OF REGULATORY T CELLS (TREGS) IN CANCER THERAPY: MECHANISMS, CHALLENGES, AND THERAPEUTIC POTENTIAL

Tasawar Iqbal
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5854-9069
Institute of Physiology and Pharmacology, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Sidra Altaf
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7717-1375
Department of Pharmacy, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Abstract

Regulatory T cells (Tregs) are an important component of the immune system that maintain immune tolerance and prevent excessive inflammation. However, in cancer, Tregs can accumulate within the tumor microenvironment and suppress effective anti-tumor immune responses. They inhibit the activity of cytotoxic T lymphocytes, natural killer cells, and antigen-presenting cells through multiple mechanisms, including secretion of immunosuppressive cytokines such as transforming growth factor-β (TGF-β) and interleukin-10 (IL-10), consumption of interleukin-2, and modulation of co-stimulatory pathways. These activities allow cancer cells to evade immune surveillance and promote tumor progression. Therefore, targeting Tregs has emerged as a promising strategy for improving cancer immunotherapy. Several approaches are being investigated, including depletion of tumor-infiltrating Tregs, inhibition of Treg-specific signaling pathways, modulation of immune checkpoint molecules, and alteration of the tumor microenvironment. Combination approaches involving Treg-targeting strategies with immune checkpoint inhibitors, cancer vaccines, chemotherapy, or targeted therapies may enhance anti-tumor immunity. However, therapeutic manipulation of Tregs presents significant challenges because systemic depletion may disrupt normal immune tolerance and increase the risk of autoimmune and inflammatory disorders. Furthermore, Treg populations are heterogeneous, and their functions can differ according to tumor type and disease stage. Future research should focus on identifying tumor-specific Treg markers and developing selective strategies that suppress Treg-mediated immunosuppression within tumors while preserving peripheral immune tolerance. Understanding the complex biology of Tregs may contribute to safer and more effective cancer therapies and improve responses to existing immunotherapeutic approaches.

Keywords: Regulatory T cells; Cancer immunotherapy; Tumor microenvironment; Immune suppression; Immune checkpoints; Antitumor immunity

© 2026 ISARC Academy

COMPARATIVE STUDY OF THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION OF *FUMARIA PARVIFLORA* FROM CASABLANCA, EL JADIDA AND KHOURIBGA OF MOROCCO

Salma MAKDOUF[1], Karima El Bouqdaoui[12], Abdelhakim El Makssoudi[3], Mounia Cherki[1]

[1]. Laboratory of Health and Environment, Faculty of Sciences Ain Chok, Hassan II University of Casablanca (Morocco)

[2]. Laboratory of Care, Health and Sustainable Development, Higher Institute of Nursing and Health Techniques, Casablanca (Morocco)

[3]. Laboratory of Organic Synthesis, Extraction and Valorization (LSOEV), Ain Chok, Hassan II University of Casablanca (Morocco)

Abstract

Species of the *Fumaria* genus are medicinal plants known for their anti-inflammatory, antioxidant, and antidiabetic effects. Our species, *Fumaria parviflora*, locally known under different names, is a green, herbaceous, annual plant that grows in wheat fields, plains, and low hills. It is a ubiquitous species that can be found in Europe, Africa, America, Australia, and especially in high prevalence in India, Pakistan, and Iran.

In traditional medicine, this species has been used to treat numerous diseases and infections such as diabetes, digestive disorders, eczema, burns, fever, flu, headaches and toothaches, poisoning, hepatobiliary dysfunction, blood disorders, urinary diseases, and male infertility.

Despite these remarkable therapeutic potentials, few scientific studies have aimed to evaluate its biological activities. Hence, the objective of our research is to carry out a comparative study of the phytochemical composition of *F. parviflora* harvested from three different Moroccan regions (Casablanca, El Jadida, and Khouribga).

Lipids, carbohydrates, proteins, minerals, and pigments were determined using standard methods. Secondary metabolites were assessed through screening techniques. Our results showed that the chemical composition varies depending on the harvesting region, with the Casablanca sample being particularly rich in polyphenols.

Thus, we can conclude that the environmental conditions of each region influence the chemical composition of this plant.

Keywords: *Fumaria*; chemical composition; harvesting region; comparative study.

© 2026 ISARC Academy

THEORETICAL INSIGHTS INTO 1,3,4-OXADIAZOLE DERIVATIVES: A COMPARATIVE STUDY

Assiya Atif[1*], Bendaoud Ahmed[2], Salah Mohammed[2], Zeroual abdellah[2], Houssine Ait Sir[1]

[1]Bioorganic Chemistry Team. Laboratory of Bioorganic Chemistry. Faculty of Sciences. Chouaib Doukkali University. 24000 El Jadida. Morocco.

[2]Molecular Modeling and Spectroscopy Research Team. Faculty of Sciences. Chouaib Doukkali University. 24000 El Jadida. Morocco.

Abstract

This study presents a theoretical simulation of 1,3,4-oxadiazole-derived imine compounds—specifically (1E,1'E,1"E,1"E)-N',N",N"',N"'-((1,3,4-oxadiazole-2,5-diyl)bis(benzene-4,1,2-triyl))tetraformimidoyl chloride (3a) and (1E,1'E,1"E,1"E)-N',N",N"',N"'-((1,3,4-oxadiazole-2,5-diyl)bis(benzene-4,1,2-triyl))tetraformimidoyl bromide (3b) using quantum chemical calculations (including global and local reactivity indices from DFT analysis), non-covalent interaction and reactivity visualization (RDG–VMD analysis), in silico target prediction, and molecular docking.

Keywords: 1,3,4-oxadiazole, Theoretical Simulation, Molecular Docking, Reactivity Visualization, Chemical Calculations

© 2026 ISARC Academy

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR MEDICATION ADHERENCE ASSESSMENT IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES: AN EXPLORATORY STUDY IN MOROCCO USING CHATGPT AND THE VALIDATED GENERAL MEDICATION ADHERENCE SCALE

Maryem Arraji[1] , Khaoula EL BARBI[1], Fatima Zahra BOUCHACHI[1], Mohamed Khalis[2,3,4,5] , Mohamed Chahboune[1]

[1]Laboratory of Health Sciences and Technologies, Higher Institute of Health Sciences, Hassan First University of Settat, Settat, Morocco

[2]Mohammed VI Center of Research and Innovation, Rabat, Morocco

[3]International School of Public Health, Mohammed VI University of Health Sciences, Casablanca, Morocco

[4]Higher Institute of Nursing Professions and Technical Health, Rabat, Morocco

[5]Laboratory of Biostatistics, Clinical, and Epidemiological Research, Department of Public Health, Faculty of Medicine and Pharmacy, Mohamed V University in Rabat, Rabat, Morocco

ABSTRACT

Objectives: Medication adherence remains a major challenge in the management of type 2 diabetes (T2D), especially in middle-income countries such as Morocco. With the rapid development of artificial intelligence, large language models, including ChatGPT, may offer new opportunities for clinical research through simulated patient profiles. This study examined the feasibility of using ChatGPT to generate culturally contextualized virtual profiles of Moroccan patients with T2D and to apply the validated Moroccan Arabic dialect version of the general medication adherence scale (GMAS).

Methods: This exploratory pilot simulation study used ChatGPT-4 to generate 11 virtual profiles based on representative sociodemographic and clinical characteristics of Moroccan patients with T2D. Each profile was administered the validated Moroccan Arabic dialect version of the GMAS.

Results: Four profiles (36.4%) showed high adherence, 6 (54.5%) displayed moderate adherence, and 1 (9.1%) exhibited low adherence. Expert evaluations were consistent, with all ratings ≥3 on a 4-point scale, supporting the credibility and cultural appropriateness of the profiles. The simulated patterns reflected real-world trends, with higher adherence among profiles treated with oral antidiabetic drugs, covered by health insurance, and having shorter disease duration, and lower adherence among profiles using insulin, lacking insurance, and having longer disease duration.

Conclusion: ChatGPT generated credible, culturally adapted patient profiles that enabled application of a validated psychometric tool in a simulated environment. This rapid, low-cost approach may support exploratory research, healthcare training, and intervention design. Comparative studies using real patient data are needed to confirm validity.

Keywords: Artificial intelligence; Diabetes mellitus, type 2; Feasibility studies; Medication adherence; Morocco; Psychometrics

© 2026 ISARC Academy

THE IMPORTANCE OF HAEMONCHUS CONTORTUS IN THE PATHOLOGY OF SMALL RUMINANTS

Academician Prof Dr Ivan PAVLOVIĆ

Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Belgrade, Serbia

ORCID ID: 0000-0003-4751-6760

Prof Dr Jovan BOJKOVSKI

Faculty of Veterinary Medicine University in Belgrade, Belgrade, Serbia

ORCID ID: 0000-0001-7097-2559

Prof Dr Vesna KARAPETKOVSKA HRISTOVA

Faculty of Biotechnical Sciences, University "St. Kliment Ohridski" Bitola,; Bitola; N. Macedonia

ORCID ID: 0000-0002-5056-8003

PhD Aleksandra TASİĆ

[4]Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia, Belgrade, Serbia

ORCID ID: 0000-0002-8361-5697

MSc Ivanka HADŽIĆ

Association of Trimmers, Care and Therapy of Cattle Foot of Serbia, Belgrade, Serbia

ORCID ID: 0009-0005-3032-0173

ÖZET

Haemonchus contortus, also known as the barberpole worm, is a very common parasite and one of the most pathogenic nematodes of ruminants. During a fifteen-year study of small ruminant parasites in Serbia, they were detected in 53.68% of sheep and 57.93% of goats. The first findings of eggs of this parasite were common during July. The life cycle is direct. Under optimal conditions, a complete life cycle, from ingestion of larvae to eggs passed in the feces, occurs in 3 weeks. Hypobiotic larvae may exist for several months in animal tissues, serving as a reservoir for future pasture contamination. Periparturient increases in egg shedding by ewes contribute to large numbers of eggs spread on spring pastures ("spring rise"). During our examination on different types of pastures, from lowland to hilly mountainous, first findings of eggs of this parasite were common during July. Animals become infected when they graze and ingest the L3 infective larvae. The infective larvae pass through the first three stomach chambers to reach the abomasum. There, the L3 shed their cuticles and burrow into the internal layer of the abomasum, where they develop into L4, usually within 48 hours, or preadult larvae. The L4 larvae then molt and develop into the L5 adult form. *Haemonchus* is extremely pathogenic, and the adults feed by sucking blood from the mucosa of the abomasum. Clinical signs are largely due to blood loss. Sudden death may be the only observation in acute infection, while other common clinical signs include pallor, anemia, oedema, ill thrift, lethargy, and depression. Intermandibular and cervical edema due to hypoproteinemia ("bottle jaw") are also common clinical signs. Diarrhea is not seen in all cases

© 2026 ISARC Academy

but may sometimes be severe or chronic. Significant weight loss, decreased milk production, poor wool growth were observed as a consequence of the infection.

Anahtar kelimeler: small ruminant, Haemonchus contortus, pathology

© 2026 ISARC Academy

OPTIMIZATION OF NITROGEN FERTILIZATION UNDER DIFFERENT WATER REGIMES

Hicham Aboumadane1. Lahcen Hssaini1. Jamila Bahhou2, Abdelaaziz Nogot3, Nouha Haoudi1,2. Rachid Razouk1.

1 National Institute for Agricultural Research, Regional Agricultural Research Center of Meknes, Meknes, Morocco

2 Laboratory of Biotechnology, Conservation and Valorisation of Natural Resources, Faculty of Sciences Dhar El Mehraz, University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fez, Morocco

3 Department of Biology, Faculty of Science and Technology, University of Moulay Ismail, Errachidia, Morocco

Abstract

Water availability and fertilizer use efficiency are key determinants of crop productivity in semi-arid regions. This study aimed to evaluate the combined effects of irrigation regimes and nitrogen fertilization on almond (Prunus dulcis Mill.) performance under field conditions. A two-year orchard experiment was conducted using a split-plot design combining three irrigation regimes (100%, 75%, and 50% of crop evapotranspiration, ETc) and four nitrogen application rates. The results revealed significant interactions between irrigation and nitrogen, with responses varying among physiological, growth, and yield parameters. Moderate nitrogen inputs combined with moderate irrigation levels maintained physiological performance and yield, highlighting the adaptive capacity of almond trees under water-limited conditions. In contrast, excessive nitrogen application under water deficit provided limited benefits and may reduce nitrogen use efficiency.

Notably, moderate deficit irrigation (75% ETc), combined with balanced nitrogen fertilization (180 g N $tree^{-1}$ $year^{-1}$), maintained high yields while improving water-use efficiency and promoting favorable physiological adjustments. These findings emphasize the importance of integrated water and nitrogen management strategies to optimize resource use efficiency and improve the sustainability of almond production in semi-arid regions.

Keywords: Irrigation regimes. Nitrogen fertilization. Water use efficiency (WUE). Nitrogen use efficiency (NUE). Physiological responses

© 2026 ISARC Academy

LAND-USE FACTORS IN THE COMMUNE OF DANGBO (BENIN)

ZOUNDJI Ghislain[1], WARI ABOUBAKAR Moussa[2], ASSOGBA A. Sylvestre[3], SODJI Jean[4], AZIAN Donatien[4], DJIMOUKO Sabine[4].

[1]"Hygiene, Sanitation, Ecotoxicology, Environment and Health" Laboratory (HAEcotES); Department of Geography and Territorial Planning (DGAT), University of Abomey-Calavi (UAC); Benin;

[2]"Hygiene, Sanitation, Ecotoxicology, Environment and Health" Laboratory (HAEcotES); Department of Geography and Territorial Planning (DGAT), University of Abomey-Calavi (UAC); Benin;

[3]Laboratory of Biology and Molecular Typing in Microbiology, Department of Biochemistry and Cell Biology, Faculty of Science and Technology, University of Abomey-Calavi, 05 BP 1604 Cotonou, Benin.

[4]"Hygiene, Sanitation, Ecotoxicology, Environment and Health" Laboratory (HAEcotES); Biogeography and Environmental Expertise Laboratory (LABEE); Department of Geography and Territorial Planning (DGAT), University of Abomey-Calavi (UAC); Benin;

Abstract

Population growth worldwide is placing growing pressure on land resources. This study examines land-use dynamics in the Commune of Dangbo.

The methodology adopted combined documentary research, socio-economic surveys, field reconnaissance missions, and diachronic (multi-date) analysis of the landscape based on land-cover maps.

Agricultural activities, practiced by 77% of respondents, constitute the main land-use factor in Dangbo. They are followed by the construction of socio-community infrastructure. Between 1995 and 2010, dense forest and swamp formations declined by 0.24% and 1.7% respectively in Dangbo, to the benefit of settlements and farmland. Meanwhile, oil-palm cropland/fallow mosaics and cropland/fallow mosaics increased respectively from 37.94% and 48.1% in 1985 to 40.62% and 49.8% in 2010. The determining factor behind this land-use dynamic is population growth.

Keywords : Dangbo, factor, land use, land

© 2026 ISARC Academy

STRENGTHS AND CONSTRAINTS OF MARKET GARDENING IN THE COMMUNE OF DJIDJA

TANMAKPI Jaurès[1], AKOGBETO Nadine[2], GOUTHON Gilchrist Fabrice[3], SEHOUBO Lambert[3], Ella Tano Mehsou Mylène[4], SOSSOU Camus[4].

[1]"Hygiene, Sanitation, Ecotoxicology, Environment and Health" Laboratory (HAEcotES); Department of Geography and Territorial Planning (DGAT), University of Abomey-Calavi (UAC); Benin;

[2]"Hygiene, Sanitation, Ecotoxicology, Environment and Health" Laboratory (HAEcotES); Department of Geography and Territorial Planning (DGAT), University of Abomey-Calavi (UAC); Benin;

[3]Laboratory for Research and Expertise in Sport, Education, and Social Interventions for Development. National Institute for Youth, Physical Education, and Sport. University of Abomey-Calavi, Republic of Benin.

[4]"Hygiene, Sanitation, Ecotoxicology, Environment and Health" Laboratory (HAEcotES); Biogeography and Environmental Expertise Laboratory (LABEE); Department of Geography and Territorial Planning (DGAT), University of Abomey-Calavi (UAC); Benin;

Abstract

This study examines the strengths and constraints affecting market garden production in the Commune of Djidja. The methodological approach adopted was based on documentary research and field surveys, which made it possible to collect information relating to the strengths and constraints associated with the production and marketing of market garden crops in the Commune of Djidja. The results were analyzed using the SWOT model.

The results of this research show that Djidja has several strengths for the production and marketing of market garden products. However, a number of constraints limit the development of this activity in the Commune. According to 75% of respondents, the biophysical constraints are explained by inadequate water control. As for the socio-economic constraints, according to 45% of respondents, these are linked to the absence of an outlet market for the products. For 30% of farmers, the lack of financial support and the lack of a crop irrigation system constitute the major problems facing market garden production in the Commune.

Keywords: Djidja, Strengths, Constraints, Market garden production, Marketing.

© 2026 ISARC Academy

NUMERICAL SOLVER IMPACT ON THE ACCURACY OF FIVE-PARAMETER PHOTOVOLTAIC SINGLE-DIODE MODEL IDENTIFICATION

Ayoub LAHBOUB

Laboratory of Materials, Signals, Systems and Physical Modeling, Faculty of Sciences, Ibn Zohr University, Agadir, Morocco

ORCID ID: 0009-0006-5361-7022

Fatima Ezzahrae SOUAIDI

Laboratory of Materials, Signals, Systems and Physical Modeling, Faculty of Sciences, Ibn Zohr University, Agadir, Morocco

ORCID ID: 0009-0007-9042-9925

Imade CHOULLI

Laboratory of Materials, Signals, Systems and Physical Modeling, Faculty of Sciences, Ibn Zohr University, Agadir, Morocco

ORCID ID: 0000-0002-8396-0204

Abdelfattah ELHAMMOUDY

Laboratory of Materials, Signals, Systems and Physical Modeling, Faculty of Sciences, Ibn Zohr University, Agadir, Morocco

ORCID ID: 0000-0001-6818-9143

Ismail ABAZINE

Laboratory of Materials, Signals, Systems and Physical Modeling, Faculty of Sciences, Ibn Zohr University, Agadir, Morocco

ORCID ID: 0000-0002-7475-1355

Brahim El FAHMI

Laboratory of Materials, Signals, Systems and Physical Modeling, Faculty of Sciences, Ibn Zohr University, Agadir, Morocco

ORCID ID: 0009-0008-2856-5675

ABSTRACT

To accurately simulate the electrical behavior of photovoltaic (PV) devices, the current-voltage (I-V) equation of the Single-Diode Model (SDM) must be solved correctly. This equation is inherently nonlinear because of the exponential diode term and the effects of the series and shunt resistances. Therefore, the accuracy and stability of the numerical solution are essential for reproducing the I-V characteristic and, consequently, the power-voltage (P-V) behavior of the PV device. The reliability of

© 2026 ISARC Academy

the extracted electrical parameters is thus strongly influenced by the numerical method used to solve the nonlinear equation.

In this work, the impact of different nonlinear numerical solvers on a newly proposed iterative semi-analytical method for extracting the five SDM parameters is investigated. The main objective is to evaluate how the choice of solver affects parameter-identification accuracy and the ability of the model to reproduce experimental measurements. The results show clear differences in performance among the investigated techniques. The Steffensen method produces the highest RMSE, equal to 7.8678E-04 A, indicating the lowest accuracy among the tested methods. In contrast, the Halley method achieves the most significant improvement, reducing the RMSE by approximately 3.38 %, followed by the Ostrowski method with an improvement of 3.15 %. The bisection method also provides a notable improvement of 2.10 %, while Regula Falsi and Newton-Raphson yield more moderate improvements of 0.90 % and 0.85 %, respectively. These findings confirm that the nonlinear solver significantly influences the accuracy of PV parameter extraction and the overall fidelity of the SDM.

Keywords: Photovoltaic devices, Single-Diode Model, Model accuracy, Numerical solver

© 2026 ISARC Academy

BIOHYDROGEN: ADVANCING SUSTAINABLE ENERGY THROUGH GREEN FUEL TECHNOLOGY

Mr. S. Santhosh Kumar

Asst.Lecturer, Mechanical Engineering Department,

St. Joseph University in Tanzania, Dar es salaam, Tanzania

East Africa

Orcid ID : https://orcid.org/0009-0000-0128-5130

Abstract:

It has become a global agenda to find a sustainable fuel as greenhouse gas emissions are increasing, which in turn heightens environmental concerns. The whole world is in search of environmentally friendly energy options. Hydrogen, similar to electricity, can be considered a versatile energy carrier that can be produced from various primary energy sources, including coal, biomass, natural gas, energy crops, sunlight, waste, wind, and nuclear power. Hydrogen as a fuel can be used to tackle various energy challenges and provides a number of ways to decarbonize sectors such as transport, the chemical industry, and the steel industry. This paper aims to assess the potential of hydrogen to serve as an economically viable alternative to fossil fuels. Hydrogen's physical properties play an important role in assessing its potential, as well as its advantages and disadvantages in hydrogen combustion and fuel cell propulsion systems. This paper also discusses various challenges related to the storage, transmission, and distribution of hydrogen.

Keywords: Hydrogen Energy; Clean Fuel; GHG Emissions; Fuel Cell; Climate Change.

© 2026 ISARC Academy

RELIGIOUS RITUAL AND COMMUNAL MEMORY: READING THE LOCAL ETHNOGRAPHY OF EPIPHANY PILGRIMS AND THE HOLY WATER AT AL-MAGHTAS, ON THE EAST BANK OF THE JORDAN RIVER

Prof. Mohammed Waheeb
Hashemite University, Queen Rania Faculty of Cultural Heritage & Tourism
Amman, Jordan

Abstract

The spiritual and ritual use of the Maghtas site and the East Bank of the Jordan River has never ceased across the centuries, even in periods when the built infrastructure for pilgrimage fell out of use. This paper examines the behavioral manifestations and festive memory of the local communities neighboring Al-Maghtas in the Ghor, Balqa, and Madaba areas. It does so by analyzing the tales of the pilgrims to the Maghtas site, the rituals of holy water, and the celebrations of Christmas and baptism on the riverbanks, especially on the East Bank. The aim is to show the role these oral and behavioral practices play in establishing the legitimacy and authenticity of the East Bank as a center of global Christian pilgrimage.

First: Pilgrims' Tales and Historical Crossing Routes

The oral traditions in the villages of Al-Rama, Al-Kafrayn, and Suwayma preserve precise details about the ancient crossing routes:

- **The routes of the "makhadat" (fords):** Popular memory has preserved the names of the *makhadat*, the shallow points of the river that are easy to cross, foremost among them the Maghtas ford (the Hajla ford), the Wadi al-Kharrar ford, and others.
- **Local community impressions of the pilgrims:** Oral accounts describe the religious caravans that arrived each year through the Jordan Valley, and how the local community facilitated the pilgrims' crossing and at times took part in providing logistical services for them. This fostered a state of religious and cultural harmony, coexistence, and economic and cultural integration around the Jordan River.

Second: The Tale of the "Holy Water" and the Symbolism of Seeking Blessing from the Jordan River

Beliefs associated with the "sanctity of the water" form a central pillar of the oral heritage of the southern Shouna Ghor:

1. **The local concept of the water's healing power:** Generations pass down stories about the properties of the Jordan River's water in the Maghtas area, regarded as blessed water used for healing, blessing, and the baptism of children. There is also the tale of the holy water that, if a person drinks from it, will heal them no matter what illness they suffer from in their life.
2. **Cultural continuity:** The continued popular view of the river's water as "blessed water" carries an early Christian imprint, tied to the water's having been sanctified by Christ's descent into it. These oral beliefs have remained transcendent across religions and social components in the region, which bears witness to the exceptional spiritual identity of the place. Even when the archaeological sites vanished from view and disappeared beneath silt and sediment, the local community continued to call the specific stretch of the river by the name "the traditional place of baptism."

Third: The Festive Memory of Christmas and Baptism (Epiphany) on the Riverbanks

Oral traditions describe the seasonal celebrations once held on the East Bank of the river:

© 2026 ISARC Academy

- **Scenes of popular celebration:** Oral accounts record how, during the seasons of Christmas and Epiphany, the east bank of the river turned into a festive gathering place bringing together visitors and locals, where Epiphany prayers and the blessing of the waters were held amid a communal atmosphere surrounded by local hospitality.
- **Historical and archaeological significance:** This festive memory corresponds to the historical descriptions found in the writings of Byzantine, Umayyad, and Abbasid pilgrims, who confirmed that monks and pilgrims celebrated the feast of the Baptism every year at the washing point on the east of the river. This confirms the unbroken continuity of "festive memory" through time.

Conclusion

The research affirms that the ethnographic memory and popular tales linked to the pilgrims, the holy water, and the feast celebrations on the Jordan River constitute sociological and ethnographic proof that reinforces the archaeological and textual evidence pointing to the location of Al-Maghtas in East Jordan. The paper recommends establishing a research center for ethnographic studies and oral heritage within the Maghtas site, to collect and record oral narratives from elders and preserve them as part of the cultural and human heritage of the site inscribed on the UNESCO World Heritage List.

Keywords: rituals, Al-Maghtas, Jordan River, heritage, history, archaeology.

© 2026 ISARC Academy

CIVILIZATION OF 'ADD AND THAMUD THROUGH ARCHAEOLOGICAL DISCOVERIES IN THE NORTHERN ARABIAN PENINSULA AND SOUTHERN LEVANT

Prof. Mohammed Waheeb

Hashemite University – Queen Rania Faculty of Cultural Heritage & Tourism

Amman – Jordan

Abstract

Archaeological and epigraphic discoveries in Wadi Rum, southern Jordan, revealed Aramaic, Thamudic, and Nabataean inscriptions mentioning the location by the name "Iram" (Rum/Iram). What, then, is the relationship between these archaeological findings, the people of 'Add and Thamud, and the discovery of Iram?

Scholars and historians attribute the presence of this name in southern Jordan to two main hypotheses. The first is the geographic expansion of 'Add, suggesting that the civilization of 'Add was not confined to a narrow area, but rather its influence and trade routes extended from the south of the Arabian Peninsula in Al-Ahqaf across Hadramout and Oman northward to the borders of the Levant in Wadi Rum and Jordan. The second hypothesis involves toponymic similarity or name transfer, as the word "Iram" or "Aram" in ancient Semitic languages translates to "the high place" or "raised stones/cairns." Thus, "Iram" may refer to the famous location in the south or to another site in Jordan named after it as an extension of the tribe or geography.

Quranic references intersect with archaeological discoveries and historical research in tracing the history of 'Add, Iram, and Thamud. This relationship is further clarified through several key aspects. In the Holy Quran, Almighty God states: “And that it is He who destroyed the first [people of] 'Add” [An-Najm: 50], a designation that implies the existence of a "second 'Add" or successors to them. Regarding cultural succession, exegetes and historical studies note that Thamud were the direct successors of the people of 'Add in territory and cultural influence, which is reflected in Prophet Salih’s reminder to his people Thamud: “And remember when He made you successors after 'Add” [Al-A'raf: 74]. Concerning ethnic lineage, the people of Thamud are considered among the ancient, extinct Arab tribes (Al-'Arab al-'Aribah) belonging to the same root stock and overarching lineage as 'Add. Historians suggest that Thamud was a branch or later tribe emerging from the broader cultural mantle of "First 'Add," explaining their frequent paired mention in the Quran: “And Thamud, leaving no remnant.”

Scholars and commentators have differed regarding the geographic versus architectural interpretation of "Dhat al-'Imad" (of the pillars/columns). The architectural signification refers to massive urban structures, raised columns, and tall buildings characterized by advanced physical construction, as referenced in: “The like of which had never been created in the land” [Al-Fajr: 8]. The geographic feature refers to towering vertical rock and mountain formations, similar to the geological landscape of Wadi Rum. Finally, the tribal attribute refers to the physical stature and tallness of the tribe's people, or their large tents supported by high poles.

In essence, Thamud constituted an extension both culturally and ethnically of First 'Add. Both civilizations were active across the Arabian Peninsula, ranging from Yemen and Hadramout in the south to Wadi Rum and Al-'Ula in the north, aligning closely with archaeological findings and the Quranic context of cultural succession.

Petra, the Nabataean capital in Jordan, and Madain Salih / Al-Hijr, the southern Nabataean capital in Saudi Arabia, stand as the two most prominent archaeological sites illustrating the cultural interplay between the Nabataeans and Thamudics. Despite sharing an architectural and geographic identity, clear differences exist between the two sites regarding construction styles and inscriptions.

© 2026 ISARC Academy

Regarding writing styles and architecture, the Nabataean style relies on carving rock facades top-down using chisels, incorporating Hellenistic elements like columns, capitals, and pediments ornamented with motifs like eagles and Nabataean rosettes. In contrast, the Thamudic style is characterized by simplicity and minimalism, consisting primarily of natural caves with minor modifications or small chambers carved into the rock used as shelters or modest tombs without elaborate decorative facades. In terms of inscriptions, Nabataean inscriptions are written in a cursive, developed script (the direct ancestor of modern Arabic) from right to left, focusing on tomb ownership, curses against desecrators, legal mandates, and fines specified in Nabataean dirhams. On the other hand, Thamudic inscriptions are written in a non-cursive Ancient North Arabian (Musnad) script in various directions—right-to-left, left-to-right, or vertically and mostly consist of short commemorative phrases, prayers to deities such as Dushara and Wadd, names of travelers and tribes, and rock drawings of camels and animals.

Based on field study results, the comparison between Petra and Madain Salih (Al-Hijr) highlights clear distinctions. In terms of site nature and geography, Petra is situated in a narrow valley surrounded by towering cliffs of pink and red sandstone, whereas Madain Salih is located in vast desert plains interspersed with isolated, solitary rock outcrops. Regarding construction style and facades, Petra features massive, dense, continuous facades carved directly into mountain ranges alongside standalone civic structures like temples and markets, while Madain Salih features facades carved into separated, spaced rock masses that exhibit high precision and meticulous detail in facade cornices. In architectural influence, Petra is predominantly Greco-Hellenistic and clearly influenced by Roman styles, evident in Corinthian columns and triangular pediments crowning the facades, whereas Madain Salih reflects distinct Nabataean art with local, Thamudic, and Assyrian influences, such as step-crenellations atop the facades. Regarding tomb and chamber size, Petra contains extremely large tombs and imposing facades reaching heights up to 40 meters, while Madain Salih features medium-sized tombs compared to Petra, distinguished by the preservation of fine decorative details due to lower exposure to weathering factors. Finally, in inscriptions and scripts, Petra is dominated by official Nabataean inscriptions along with later Greek and Roman inscriptions of administrative and religious character, while Madain Salih is characterized by an immense richness of Thamudic inscriptions alongside royal and legal Nabataean inscriptions.

Keywords: 'Add, Thamud, Iram, Northern Arabian Peninsula, Levant.

© 2026 ISARC Academy

SUSTAINABLE TOURISM AND ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE LOWER OUÉMÉ VALLEY IN BENIN: CHALLENGES, PRACTICES, AND PROSPECTS FOR THE SUSTAINABLE USE OF NATURAL RESOURCES

Dr (MA) AISSI Jean-Roitinos

[1]"Hygiene, Sanitation, Ecotoxicology, Environment and Health" Laboratory (HAEcotES) ; Department of Geography and Territorial Planning (DGAT), University of Abomey-Calavi (UAC) ; Benin ;

Abstract

The Lower Ouémé Valley possesses significant natural and sociocultural resources that have the potential to support the development of sustainable tourism. This study analyzes the challenges, practices, and prospects for leveraging these resources for tourism, with a particular focus on fish ponds, or "whédo." The methodological approach is based on literature review, direct observations, semi-structured interviews, and a questionnaire survey of 260 respondents, including local residents (120), fish pond operators (60), visitors and tourists (30), tourism stakeholders (20), institutional officials (15), and fishing and fish farming stakeholders (15). Quantitative data were analyzed using Excel and SPSS, while qualitative information was subjected to thematic analysis. The results indicate that 86.2% of respondents consider the valley's natural resources to be conducive to tourism development, compared to 13.8% who believe their potential is limited. Furthermore, 78.5% recognize the potential of the "whédo" to attract tourists, particularly through the discovery of traditional fish farming techniques, aquatic landscapes, and local knowledge. However, 71.5% of respondents point to insufficient visitor facilities and accessibility, while 64.6% cite inadequate tourism promotion and 58.1% mention the risks of environmental degradation. The results thus show that the whédo, beyond their role in fish farming, can serve as platforms for ecological, cultural, and educational tourism. However, their development requires a participatory approach involving local communities, tourism stakeholders, and environmental organizations in order to reconcile ecosystem conservation, fish farming, and tourism development.

Keywords : Sustainable tourism ; environmental protection ; natural resources ; tourism development ; Lower Ouémé Valley.

© 2026 ISARC Academy

THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON REDUCING GLOBAL POVERTY: OPPORTUNITIES, CHALLENGES, AND SUSTAINABLE SOLUTIONS

PhD Roxana Mihaela Moisoiu

U.S.P.E.E., C.Stere Chişinau, Moldova

ID orcid 0009-0005-0515-0432

Prof. Colegiul German ‘’Goethe’’ Bucureşti, Romania

UDC-004.8 :343.98 :34

DOI : TO BE ASSİGNED

JEL 14

Abstract

Global poverty remains one of the most significant challenges facing contemporary society, affecting economic development, social inclusion, educational opportunities, and access to essential services. In this context, Artificial Intelligence (AI) has emerged as a transformative technology with the potential to support poverty reduction and promote sustainable development worldwide. By improving access to education, healthcare, financial services, and employment opportunities, AI can contribute to reducing socioeconomic inequalities and strengthening the resilience of vulnerable communities.

This paper aims to examine the role of Artificial Intelligence in addressing the structural causes of global poverty and its potential contribution to achieving the United Nations Sustainable Development Goals, particularly Goal 1 (No Poverty) and Goal 10 (Reduced Inequalities).

The research adopts a qualitative and comparative approach, combining a review of academic literature, an analysis of international policy frameworks, and an examination of practical applications of AI in developing economies. Particular attention is given to AI-driven solutions in precision agriculture, digital education, healthcare delivery, financial inclusion, and labour market forecasting.

The study also investigates the risks associated with the unequal distribution of technological resources, including the digital divide, algorithmic bias, data protection concerns, and the potential displacement of workers through automation. These challenges demonstrate that technological innovation alone cannot eliminate poverty without appropriate public policies, investment in digital infrastructure, and inclusive governance mechanisms.

The paper argues that Artificial Intelligence can become an important instrument in global poverty reduction when implemented responsibly, ethically, and equitably. Its effectiveness depends on ensuring that technological progress benefits disadvantaged populations rather than reinforcing existing inequalities.

The study concludes that cooperation among governments, international organisations, educational institutions, the private sector, and civil society is essential for transforming AI-driven innovation into sustainable and inclusive social and economic development.

Keywords: Artificial Intelligence, global poverty, sustainable development, digital inclusion, socioeconomic inequalities, technological innovation, ethical AI.

© 2026 ISARC Academy

BEYOND THE CLASSROOM AND THE LEDGER: INTEGRATING STEM EDUCATION WITH ISLAMIC MICROFINANCE FOR SUSTAINABLE YOUTH ENTREPRENEURSHIP

Ibrahim Umar[1], Mohammad Bashir Isma'il, Hussaini Muhammad[2], Idris Saidu[2]

[1] Department of Primary Education, Umaru Sanda Ahmadu College of Education, Minna, Niger State, Nigeria

[2] Department of Islamic Studies, Umaru Sanda Ahmadu College of Education, Minna, Niger State, Nigeria

Corresponding author: Ibrahim Umar, ORCID: 0009-0003-9397-521X

Abstract

Youth entrepreneurship is frequently constrained by a mismatch between what young people can create and the resources they can access to develop viable businesses. STEM education can build technical knowledge, problem-solving, design and prototyping skills, while Islamic microfinance can provide forms of finance structured around Shariah principles and social inclusion. Yet these systems are commonly designed and delivered separately. The researcher examines how closer coordination between STEM education and Islamic microfinance could support youth-led enterprise. It uses an integrative review of selected recent research and institutional material, including a systematic review of STEM entrepreneurship education, research on digital inclusion in Islamic microfinance, and Islamic Development Bank material on value-chain financing. The analysis proposes three connected mechanisms: translating STEM projects into tested business propositions; developing finance products and assessment practices suited to young, asset-poor founders; and using digital systems, mentorship and market partnerships to connect skills with capital and customers. The researcher considers illustrative material from Tunisia, Indonesia, and Brunei cautiously, as these examples do not constitute a controlled evaluation of the integrated model proposed here. The researcher presents a conceptual framework to guide programme design and future empirical research. The researcher argues that integration is promising but not yet proven to produce better outcomes in all contexts. Its effectiveness will depend on sound governance, Shariah compliance, responsible data use, gender inclusion, market demand and sustained mentoring.

Keywords: STEM education; Islamic microfinance; youth entrepreneurship; financial inclusion; digital identity; Shariah-compliant finance

© 2026 ISARC Academy

DYNAMICS OF LEARNING: A THEORETICAL MATHEMATICAL AND SCENARIO-BASED APPROACH

Youness Elmaddah[1], Jaouad Igbida[2], Brahim Ennassiri[3], Abdelilah Kaddar[1], Noureddine Elharrar[4]

[1]Chouaib Doukkali University, ENSA EL Jadida, Laboratory of Engineering Sciences for Energy, Morocco,

[2]Department of Mathematics, CRMEF CS, El Jadida, Morocco,

[3]University Cadi Ayyad, ENS of Marrakech, Laboratory LIRDEF. Morocco,

[4]Higher Institute of Nursing Professions and Health Techniques"ISPITS",Safi, Morocco

Abstract

This work offers a theoretical reflection on interactions between students and teachers through the development of four modelled scenarios. Using mathematical tools, it seeks to analyse, in an abstract manner, the dynamics of learning and how they evolve in response to different forms of pedagogical intervention. Each scenario is designed as a conceptual illustration highlighting essential dimensions of teaching and learning, such as feedback, adaptability and personalisation.

The aim is not so much to study actual practices as to show, through modelling, how these mechanisms can be understood and interpreted. This work thus aims to enrich the theoretical understanding of educational processes and highlights the contribution of formal models as a framework for analysing the complexity of pedagogical interactions.

Keywords: Education, mathematical model, modelling, pedagogical intervention, dynamics of learning

© 2026 ISARC Academy

SUPERBRAIN YOGA AS AN INSTRUCTIONAL INTERVENTION FOR MATHEMATICS ACHIEVEMENT AMONG PRIMARY SCHOOL PUPILS IN BAYELSA STATE, NIGERIA

Eze, Foluke Bosede

and

Oboturi, Georgina Ewetan

Abstract

This study investigated the effect of SuperBrain Yoga (SBY) on mathematics achievement among primary school pupils in Yenagoa Local Government Area, Bayelsa State, Nigeria, with particular attention to gender differences. A quasi-experimental pretest–posttest non-equivalent control group design was adopted. The sample comprised 166 Primary Five pupils selected from four public primary schools, consisting of 97 pupils in the experimental group and 69 in the control group. Data were collected using a researcher-developed SuperBrain Yoga Mathematics Achievement Test (SBYMAT), which had a reliability coefficient of 0.77 determined using the Kuder–Richardson Formula 20. The experimental group participated in five-minute SBY exercises before mathematics lessons during the intervention period, while the control group received mathematics instruction without the exercises. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, while independent-samples t-tests were used to test the null hypotheses at the 0.05 level of significance. The findings revealed that pupils exposed to SBY obtained a higher posttest mean achievement score ($M = 62.22$) than those in the control group ($M = 59.77$), although the difference was not statistically significant, $t(164) = 1.137$, $p = .257$. However, female pupils exposed to SBY achieved a significantly higher posttest mean score ($M = 66.15$) than their male counterparts ($M = 58.37$), $t(88.52) = -2.31$, $p = .023$. The study concludes that although SBY did not produce a statistically significant overall difference in mathematics achievement, the observed gender difference warrants further investigation. Longer intervention periods and additional studies are recommended to establish the effectiveness of SBY in primary school mathematics.

Keywords: SuperBrain Yoga, mathematics achievement, primary school pupils, gender differences, quasi-experimental design.

© 2026 ISARC Academy

CONSTRUCTING PROFESSIONAL IDENTITY THROUGH DIGITAL DISCOURSE: A PRELIMINARY THEMATIC NETWORK ANALYSIS OF 2025 WORLD ANATOMY DAY

Emmanuel Lamptey

School of Basic and Biomedical Sciences,

University of Health and Allied Sciences, Ho Ghana.

ABSTRACT

World Anatomy Day is an annual celebration marked on 15th October to commemorate the death of Andrea Vesalius, the founder of modern Anatomy. The Day also provides the opportunity to celebrate the discipline and share views, themes, issues of concerns, observances, beliefs and values about anatomy. This study conducted a preliminary analysis of the event to identify various themes in the international digital discourse during the 2025 celebration.

Thematic network analysis was used to code web sources, and 15 basic and 5 organizing themes emerged centered on the global theme: Holistic and Humanistic Medical **Discipline**. A contingency table constructed using the basic themes facilitated the mapping and identification of themes unique to Asia and Africa. The global theme was the universal concept or goal, organizing themes represented similarities while the basic themes were the differences in global perspective. The findings highlighted differences to be recognized and commonalities to celebrate as well as regional narratives promoting unity, diversity and collaboration within the international anatomy community. The present study also examined how institutions and professionals in the field utilized digital discourse to project and reinforce collective values and shared professional identities at the global stage. Beyond the celebration and documentation of recurring themes, the study explored how digital discourse surrounding World Anatomy Day functions to represent the discipline, reinforce professional values and construct shared identity within the global anatomy community.

Keywords: Anatomy, world, day, theme, analysis

Conflict of Interest/Ethical Approval

No conflict of interest to declare. Data collected is within public domain, ethical approval not required.

© 2026 ISARC Academy

PRODUCTION AND STABILITY CHARACTERIZATION OF A LIPOPEPTIDE BIOSURFACTANT PRODUCED BY *ALCALIGENES AQUATILIS*.

Salima DJAFRI-DIB[1], Naima SAIDENE[1], Nawel GUENAOUI[1], Drifa YALAOUI-GUELL[2,3], Nadia OUCHEMOUKH- AMSISSE [3], Khodir MADANI[3] and Salim OUCHEMOUKH[1]

[1] Laboratoire de Biochimie Appliquée, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, 06000 Bejaia, Algeria.

[2] Département des sciences biologiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre, Université de Bouira, 10000 Bouira, Algeria.

[3] Laboratoire de Biomathématiques, Biophysique, Biochimie et Scientométrie (L3BS), Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia, 06000 Bejaia, Algeria.

Abstract

Microbial surfactants, commonly known as biosurfactants, have the potential to replace synthetic surfactants. This study investigated the production and stability of the lipopeptide biosurfactant BLA 2906 produced by the bacterium *Alcaligenes aquatilis* YGD-2906. Biosurfactant production was assessed using four methods: a negative hemolysis test, an emulsification index of 63.11% with crude oil, an oil-spreading diameter of 23.66 mm, and a positive drop-collapse test. The lipopeptide biosurfactant BLA 2906 exhibited high stability over a wide range of temperatures (5–121 °C), pH values (2–12), and salinity levels (0–21%), as assessed by its emulsifying activity. These findings highlight its potential for various applications, particularly in bioremediation processes.

Keywords: Lipopeptide, Biosurfactant, Emulsification index, Stability, *Alcaligenes aquatilis*.

© 2026 ISARC Academy

EXTRACTION-DEPENDENT BIOLOGICAL ACTIVITIES OF *CRATAEGUS LACINIATA* LEAVES: BEYOND PHENOLIC RECOVERY

Naima Saidene[1], Radia Kadi[1], Nassima Chaher-Bazizi[1], Dina Atmani-Kilani[1], Djebbar Atmani[1], Sid Ali Zaidi[2], Nadjet Debbache-Benaida[1], Salima Dib-Djafri[1], Nawel Guenaoui[1]

[1] Laboratoire de Biochimie Appliquée, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Béjaïa, 06000 Béjaïa, Algeria.

[2] Centre de Recherche en Technologies Agroalimentaires, Route de Targa Ouzemmour, Campus Universitaire, 06000 Béjaïa, Algeria.

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7075-0726

ABSTRACT

The biological properties of medicinal plant extracts depend not only on their phytochemical composition but also on the extraction procedures used to recover bioactive constituents. *Crataegus laciniata*, a Mediterranean medicinal species, represents a potential source of phenolic compounds with diverse biological activities. This study investigated how maceration and Soxhlet extraction influence the chemical recovery and functional properties of *C. laciniata* leaf extracts. Hydroethanolic extracts obtained using both techniques were compared in terms of extraction yield, total phenolic and flavonoid contents, tannins, and targeted phenolic composition. Their biological properties were evaluated through complementary antioxidant assays, nitric oxide scavenging, and inhibition of α-glucosidase and acetylcholinesterase, two enzymes associated with glucose metabolism and cholinergic neurotransmission, respectively.

The results revealed distinct extraction-dependent activity profiles. Maceration produced a higher crude extraction yield, whereas Soxhlet extraction recovered greater amounts of total phenolics and flavonoids and generally exhibited stronger radical-scavenging and ferric-reducing activities. In contrast, maceration showed better nitric oxide scavenging and stronger inhibitory effects against α-glucosidase and acetylcholinesterase. These findings indicate that increased phenolic recovery does not necessarily translate into superior performance across all biological assays.

Overall, this study highlights the importance of extraction selectivity in determining the biological properties of *C. laciniata* leaf extracts. The findings support selecting extraction techniques according to the desired biological activity and encourage further investigation of these extracts as potential sources of multifunctional bioactive compounds.

KEYWORDS: *Crataegus laciniata*; enzyme inhibition; extraction selectivity; maceration; phenolic compounds; Soxhlet extraction.

© 2026 ISARC Academy

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT AUTOMATED INFORMATION SYSTEM FOR THE RATIONAL SEARCH FOR SEMI-SYNTHETIC DERIVATIVES OF ANTIFUNGAL POLYENE MACROLIDE ANTIBIOTICS

Dr. Valery V. BELAKHOV

Technion – Israel Institute of Technology, Schulich Faculty of Chemistry (formerly), Haifa, Israel

ORCID ID: 0000-0003-1918-974X

ABSTRACT

An analysis of medical information systems and the development trajectories of bioinformatics demonstrates that various types of information systems are employed to identify new avenues for the highly efficient synthesis and production of drugs to treat diverse diseases, including fungal infections. The synthesis of new, effective antifungal polyene macrolide antibiotics (PMAs) derivatives and the study of their biomedical properties constitute a long and costly process requiring the involvement of various specialists: chemists, biologists, and experts in computer modeling and the processing of experimental and theoretical data.

To reduce the time required for research and the analysis of existing practical and theoretical data, we have developed the architecture of an Intelligent Automated Information System (IAIS) designed for various user groups: synthetic chemists, biotechnology engineers, clinicians, medical informatics experts, and systems programmers. The IAIS enables synthetic chemists to determine strategies for the chemical modification of PMAs, while allowing clinicians to select PMAs and their semi-synthetic derivatives with specific characteristics tailored to patients' health status. The developed interfaces allow experts and knowledge engineers to update the system with data on newly synthesized or modified PMAs. Thus, we have developed an extensible intelligent automated information system that supports decision-making regarding: 1) the researcher's selection of promising avenues for discovering new, highly effective antifungal agents; 2) the search for antifungal drugs within the system's databases, taking into account their therapeutic efficacy, toxicity, and cost; 3) the clinician's selection of effective antimycotics for treating mycoses of various etiologies, based on the patient's condition; and 4) the diagnosis of fungal diseases based on clinical signs stored in a database of various fungal infections. The IAIS architecture constitutes a hardware-software complex comprising: 1) units for synthesizing PMA derivatives; 2) instruments for structural determination; 3) laboratory for conducting biological tests; 4) client-server computer system equipped with system software and custom-developed application software; and 5) extensive use of artificial intelligence methodologies. The software structure incorporates a subsystem for generating documentation for PMA semi-synthetic derivatives laboratory protocols and an intelligent data analysis subsystem, based on neural networks, for selecting highly effective PMA semi-synthetic derivatives. The IAIS incorporates a knowledge base of rules for the evidence-based selection of PMAs and their semi-synthetic derivatives, as well as databases for patients and users.

Consequently, the proposed system architecture and software enable the rational selection of synthesis parameters for new PMA semi-synthetic derivatives with improved biomedical properties, which hold significant potential for application in medical mycology, through the use of intelligent analysis.

Keywords: Polyene Macrolide Antibiotics, Information System, Semi-Synthetic Derivatives, Hardware-Software Complex, Artificial Intelligence, Medical Mycology

© 2026 ISARC Academy

VALORIZATION OF PLANT-BASED AGRO-FOOD BY-PRODUCTS AS SOURCES OF BIOACTIVE COMPOUNDS WITH ANTIMICROBIAL POTENTIAL: PERSPECTIVES FOR FOOD SAFETY

BELLIL Zahra[1], BELLIL Dassine[2]

[1] Centre de Recherche en Technologie Agro-Alimentaire, Route de Targa Ouzemour, Campus Universitaire, Bejaia 0600, Algérie

[2] Laboratoire d'Ecologie Microbienne, FSNV, Université de Bejaia, Algérie

Agro-Alimentaire, Route de Targa Ouzemour, Campus Universitaire, Bejaia 0600, Algérie

Abstract

The industrial processing of fruits and vegetables generates substantial quantities of by-products, including peels, seeds, and residual pulp, which represent both an environmental challenge and a potential resource for developing sustainable biotechnological solutions. These plant-derived materials may contain various bioactive compounds, particularly polyphenols, flavonoids, and tannins, which can exert inhibitory effects against certain spoilage microorganisms and foodborne pathogens. In this context, the valorization of these residues through appropriate extraction processes represents a promising approach for recovering valuable compounds and promoting their use in the agri-food sector. This contribution examines the main strategies for valorizing plant-based by-products, the factors influencing the recovery of bioactive compounds, and the microbiological approaches used to assess their antimicrobial potential. The use of these resources could contribute to the development of natural ingredients for food preservation while reducing raw material losses and organic waste generation. This approach aligns with the principles of the circular economy, aiming to combine resource valorization, reduced environmental impact, and improved food safety.

Keywords: Plant-based by-products; bioactive compounds; polyphenols; antimicrobial activity; food safety; circular economy.

© 2026 ISARC Academy

PLANT-ASSOCIATED PENICILLIUM SPP.: HOST DIVERSITY, TISSUE DISTRIBUTION, AND BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL.

Hicham EL-BOUKHARY*[1], Hamza ELKISSANY[1,2], Adil LAAZIZ[2], Abdelouahed HAJJAJI[1,2]

[1]Biotechnology and Sustainable Development of Natural Resources Unit, Polydisciplinary Faculty of Beni Mellal, Sultan Moulay Slimane University, Beni Mellal, Morocco.

[2]Laboratory of Biotechnology, Environment, Agri-food and Health, Faculty of Sciences, Dhar El Mahraz, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.

Abstract:

This review examines the reported diversity and applications of plant-associated Penicillium species. The cited literature includes reports involving Abies numidica, Acalypha hispida, Ageratina adenophora, Allium sativum, Axonopus purpusii, Jatropha heynei, Rhodiola tibetica, Vaccinium gaultheriifolium, and Withania somnifera, with isolates associated with roots, stems, leaves, and fruits. Reported applications include biological control of plant pathogens, promotion of plant growth, and production of bioactive compounds with anticancer, antilarval, antibacterial, and anti-inflammatory activities. Selenium nanoparticle biosynthesis is another emerging area of interest. Collectively, these reports point to the potential of plant-associated Penicillium as a source of agricultural and biotechnological applications. Further work should establish reliable strain identification, connect each reported activity to its isolate and host, and evaluate efficacy and safety under relevant conditions. The review wraps up by highlighting future research avenues, stressing the importance of compound purification, structural determination, and in vivo effectiveness and safety assessment to enhance its translational potential in pharmaceutical uses.

Keywords: *Penicillium spp.*, plant biocontrol, plant growth promotion, bioactive compounds, host plants

© 2026 ISARC Academy

FOOD FRAUD IN THE MEDITERRANEAN SUPPLY CHAIN: ADVANCED ANALYTICAL FINGERPRINTING, CHEMOMETRIC AUTHENTICATION, AND EMERGING DETECTION TECHNOLOGIES FOR HIGH-VALUE AGRO-FOOD PRODUCTS

Meknassia DEBBAL

Abou-Bekr Belkaïd University, Faculty of Natural Sciences and Life Sciences of the Earth and the Universe, Department of Agronomy,Tlemcen,ALGERIA

ORCID ID: 0009-0001-7481-781X

Tarık Mohammed CHAOUCHE

Abou-Bekr Belkaïd University, Faculty of Natural Sciences and Life Sciences of the Earth and the Universe, Department of biologie,Tlemcen,ALGERIA

ORCID ID: 0000-0002-8631-2587

Farah HADDOUCHI

Abou-Bekr Belkaïd University, Faculty of Natural Sciences and Life Sciences of the Earth and the Universe, Department of biologie,Tlemcen,ALGERIA

ORCID ID: 0000-0002-1204-3337

Farah DJELTI

Abou-Bekr Belkaïd University, Faculty of Natural Sciences and Life Sciences of the Earth and the Universe, Department of biologie,Tlemcen,ALGERIA

ORCID ID: 0000-0002-8753-6443

Souad SENHADJI

Abou-Bekr Belkaïd University, Faculty of Natural Sciences and Life Sciences of the Earth and the Universe, Department of biologie,Tlemcen,ALGERIA

ORCID ID: 0009-0005-6308-1914

ABSTRACT

Food fraud—encompassing adulteration, mislabeling, counterfeiting, and origin falsification—represents a pervasive and escalating threat to global food integrity, consumer trust, and public health, with estimated economic losses exceeding 40 billion USD annually. The Mediterranean agri-food supply chain is disproportionately vulnerable due to the high commercial value and global demand for premium regional products, including extra virgin olive oil, honey, saffron, dairy cheeses, spices, and wine, all of which are recurrent targets of economically motivated adulteration (EMA). This critical review provides a comprehensive analysis of the current landscape of food fraud in the Mediterranean basin, cataloging the most prevalent fraudulent practices, adulterant substances, and supply chain vulnerabilities for each high-risk commodity. The review then systematically evaluates the state-of-the-art analytical detection and authentication technologies, spanning targeted approaches—including high-performance liquid chromatography (HPLC), gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS), and isotope ratio mass spectrometry (IRMS)—and non-targeted fingerprinting platforms, notably Fourier-

© 2026 ISARC Academy

transform infrared spectroscopy (FTIR), near-infrared spectroscopy (NIR), nuclear magnetic resonance (NMR) metabolomics, and DNA barcoding. Particular emphasis is placed on the integration of chemometric and multivariate statistical tools (principal component analysis, partial least squares discriminant analysis, and machine-learning classifiers) for the rapid, high-throughput discrimination of authentic versus adulterated product matrices based on their phytochemical, isotopic, or spectral signatures. Furthermore, the review critically examines emerging portable and field-deployable technologies, including handheld Raman spectrometers, smartphone-based colorimetric sensors, and blockchain-enabled traceability platforms, that are poised to democratize food authentication beyond centralized laboratories and empower real-time verification at every node of the supply chain. By synthesizing cross-disciplinary evidence from analytical chemistry, food metabolomics, regulatory science, and digital traceability, this work delineates a strategic roadmap for safeguarding the authenticity, quality, and economic sustainability of Mediterranean food heritage in an era of increasingly sophisticated global food fraud networks.

Keywords: Food fraud; Economically motivated adulteration (EMA); Mediterranean food products; Chemometric authentication; Spectroscopic fingerprinting; Metabolomics; Isotope ratio mass spectrometry; DNA barcoding; Blockchain traceability; Food integrity.

© 2026 ISARC Academy

BRIDGING THE PERCEPTION–TASTE GAP: UNVEILING THE SENSORY PARADOX IN ALGERIAN CONSUMERS' ACCEPTANCE OF FARMED TILAPIA

Bouteldja Naima[1,3]* , Mammeri Adel[1,2,3] and Ali Haimoud Safia[4]

1Department of Agronomic Sciences, Faculty of Sciences, University of M'sila, Road Bourdj Bou-Arreiridj, M'sila 028000, Algeria

2Department of Veterinary Sciences, Faculty of Sciences, University of M'sila, Road Bourdj Bou-Arreiridj,M'sila 028000, Algeria

3Laboratory of Genetics, Biotechnology, and Valorization of Bioresources (LGBVB), University of Biskra,Biskra 07000, Algeria

4Department of Nutrition and Food Sciences, Laboratory of Experimental Pathological Research, HassibaBenbouali University of Chlef, Ouled Fares, Algeria

ABSTRACT

Background and objective: Inland aquaculture is a promising pathway to food security in North Africa, yet its products often meet consumer resistance. This study examines the "sensory paradox" among Algerian consumers, namely the gap between deep-rooted cultural perceptions of freshwater farmed fish and their actual organoleptic acceptance, by comparing farmed tilapia with a traditional marine fish.

Methods: The study was carried out in December 2024 at Hassiba Benbouali University of Chlef, a region where fish consumption is familiar to the population. A two-stage design was adopted. A preliminary survey (n = 200) was first used to standardize the culinary protocol. A structured questionnaire and a controlled blind paired-comparison sensory test were then administered to 122 participants, who evaluated standardized 25 g fillets of red tilapia (Oreochromis sp.), Nile tilapia (O. niloticus) and bogue (Boops boops). Data were analyzed in RStudio using proportion tests (prop.test) and exact binomial tests at a 95% confidence level.

Results: A strong psychological barrier emerged: 95.9% of participants initially favored marine fish, and 39.8% expressed a marked a priori dislike of freshwater species, although 85.37% had never tasted them. The blind tasting contradicted these perceptions, with no significant difference in taste preference between the marine benchmark (bogue) and tilapia (P = 0.5023). Red tilapia largely dominated visual preference (95%), while Nile tilapia reached 59.52% favorability for taste.

Conclusions: These findings confirm a sensory paradox in which cultural stigma, rather than product quality, drives the rejection of farmed fish. To strengthen the sustainability of inland aquaculture in North Africa, marketing strategies should aim to close the perception–taste gap through blind-tasting promotions, visual marketing of red tilapia, and alignment with local culinary preferences. To the best of our knowledge, this is the first study in the Algerian context to empirically show that the rejection of farmed fish is psychological rather than gustatory.

Keywords: sensory paradox; consumer perception; farmed tilapia; blind sensory test; inland aquaculture; Algeria; food security

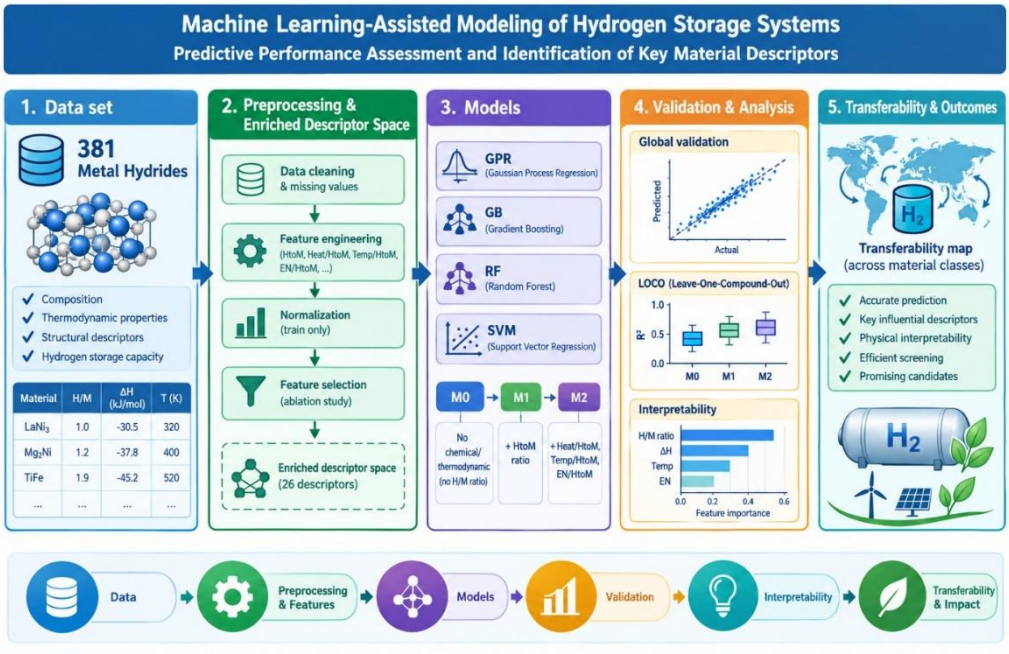
© 2026 ISARC Academy

MACHINE LEARNING-ASSISTED MODELING OF HYDROGEN STORAGE SYSTEMS: PREDICTIVE PERFORMANCE ASSESSMENT AND IDENTIFICATION OF KEY MATERIAL DESCRIPTORS

[1]*Farida Khammar, [2]Samira Boumous, [2]Zouhir Boumous,
[1]Laboratory of Research on Electromechanical and Dependability, Mechnical Departement, University of Souk ahras, Souk ahras , Algeria.
[2]Laboratory of Electrical Engineering, Electronic and Renewable Energy, University of Souk Ahras, Route Annaba B.P. 1553, Souk Ahras, Algeria

Abstract
Hydrogen storage is a critical component of future low-carbon energy systems, particularly for renewable energy integration, long-duration energy storage, and sustainable transportation. However, the development of efficient hydrogen storage technologies remains challenging because storage performance depends on complex interactions among material composition, thermodynamic properties, operating conditions, and hydrogen absorption capacity. Conventional modeling approaches often require extensive experimental characterization or computationally demanding simulations, limiting their applicability to large-scale material screening and rapid system assessment. This study proposes a machine learning-assisted modeling framework for predicting hydrogen storage performance and identifying the key factors governing storage capacity. The methodology combines material-related descriptors, thermodynamic parameters, and composition-based features to establish predictive relationships between hydrogen storage characteristics and the properties of candidate storage materials. Several machine learning algorithms, including Gaussian process regression, random forest, support vector regression, and gradient boosting, can be systematically evaluated within a consistent validation framework. Data preprocessing, feature selection, and comparative model assessment are designed to reduce information leakage and improve the reliability of predictive results. Beyond conventional prediction, the framework investigates the contribution of hydrogen-to-metal ratio and other physically motivated descriptors to model accuracy. Comparative feature-set analysis can clarify whether incorporating additional composition-related information improves predictive performance and generalization.

Keywords: Hydrogen storage; machine learning; predictive modeling; metal hydrides; feature engineering; model interpretability; energy storage.



© 2026 ISARC Academy

ANALYSIS OF THE STRUCTURAL, MICROSTRUCTURAL, AND OPTICAL PROPERTIES OF Ni-SnO_2 films BY PSP METHOD

Sabrina Roguai[1]*, Touares Abdelhay[2]

[1,2]Department science of the matter, Abbes Laghrour university khenchela, Algeria

Abstract

In this study, we used a pneumatic spray pyrolysis technique at 450°C to deposit Sn1–xNixO2 thin films ($0.0 \leq x \leq 0.10$) on glass substrates. The influence of doping content on the films structural and optical was investigated. Structural characterization by X-ray diffraction indicated that the rutile phase of SnO2 is present in all thin films, and crystallite sizes are estimated to be in the range of 27–47 nm. The optical bandgap energy increases from 3.83 to 4.01 eV as the dopant content increases according to the Burstein-Moss effect. Resistivity is affected by doping and the thickness of thin films.

Keywords – Thin films, X–ray diffraction, Optical properties.

© 2026 ISARC Academy

FINANCIAL RESILIENCE OF PHILIPPINE STOCK EXCHANGE-LISTED PRIVATE EDUCATIONAL INSTITUTION: A DESCRIPTIVE-COMPARATIVE ANALYSIS BEFORE, DURING, AND AFTER THE COVID-19 PANDEMIC

Elvie Aliñabon, Khean Harry S. Begasa, Niño Belarmino, Kiano Jay Codiñera, Roque Echavez, Raysa Ruth R. Espinosa, Mary Sheena Natad, Atasha Ashley Paran, and Caren C. Sasan

Bachelor of Science in Business Administration Major in Financial Management, St. Cecilia's College Inc., Minglanilla, Cebu, Philippines

ABSTRACT

Private educational institutions play an important role in the Philippine education sector, making their financial stability essential to sustaining educational operations during economic disruptions. The COVID-19 pandemic significantly affected educational institutions, highlighting the need to examine their financial performance and ability to recover from financial challenges. This quantitative descriptive-comparative study examined the financial resilience of four private educational institutions listed on the Philippine Stock Exchange (PSE Edge): Centro Escolar University (CEU), Far Eastern University (FEU), iPeople, Inc. (IPO), and STI Education Systems Holdings, Inc. (STI). The study covered three periods: pre-pandemic (2018–2019), during the pandemic (2020–2021), and post-pandemic (2022–2024). Using secondary data from audited annual reports and PSE corporate disclosures, the study assessed financial performance using ratios measuring profitability, liquidity, solvency, revenue growth, and operating cash flows. Martin's (2012) Resistance–Recovery Framework was applied to evaluate the extent of financial performance decline during the pandemic and the degree of recovery relative to each institution's pre-pandemic performance. The findings revealed that the pandemic negatively affected the financial performance of all four institutions, as reflected in declining enrollment, reduced revenues, and lower operating margins. However, all institutions improved in the post-pandemic period, with higher average Return on Assets (ROA), Return on Equity (ROE), EBITDA margins, and interest coverage ratios. FEU showed the strongest overall financial resilience, followed by IPO, while CEU and STI faced greater challenges in recovering certain liquidity and leverage indicators. The study concludes that the institutions exhibited varying levels of financial resilience throughout the three periods, demonstrating the value of financial ratio analysis in comparing financial performance, assessing the effects of economic disruptions, and evaluating the extent of financial recovery among private educational institutions

Keywords: Private Educational Institutions, Philippine Education Sector, COVID-19, Financial Resilience, Philippine Stock Exchange, Financial Performance, Resistance-Recovery Framework, Descriptive-Comparative Analysis, Financial Ratio Analysis,

© 2026 ISARC Academy

EFFECT OF NEWS SENTIMENTS ON STOCK PRICES: CASE OF CONVERGE ICT, PLDT, AND GLOBE TELECOM

Rose Marie V. Yuzon, Crystel Anne A. Cabarrubias, Kristel Mae D. Sasana, Aina B. Banto, Missy Nicolette F. Manyaga, Vince Marcus V. Sabuero, May Z. Bariquit, Lynnete R. Gentica, Rosemarie B. Nuñez, and Caren C. Sasan
Bachelor of Science in Business Administration, Major in Financial Management, St. Cecilia's College- Cebu, Inc. Highway, Poblacion, Minglanilla, Cebu, Philippines

ABSTRACT

Various factors influence stock-price movements, including company announcements and publicly available news. This study examined stock-price reactions associated with news events involving Converge ICT, PLDT, and Globe Telecom in the Philippines from 2020 to 2024. Guided by the Efficient Market Hypothesis, Signaling Theory, and Behavioral Finance Theory, the study employed a quantitative descriptive-comparative research design. The study used content analysis to classify 45 news events as positive, neutral, or negative, and applied the Event Study Approach to examine the corresponding Event Returns. We obtained data from publicly available news reports, company disclosures, and historical stock-price records. The findings showed that neutral news accounted for 16 events (35.6%), followed by positive news (15; 33.3%) and negative news (14; 31.1%). The overall mean Event Return was −0.440, which was not significantly different from zero (p = .429). Similarly, differences in Event Returns across sentiment categories (p = .615) and among the three companies (p = .138) were not statistically significant. These results indicate that the study found insufficient statistical evidence of significant differences in stock-price reactions based on news sentiment or company. Therefore, investors should consider company performance, market conditions, and the context of news events rather than relying solely on sentiment classifications. Future researchers may expand the sample and examine additional factors that could help explain stock-price movements.

Keywords: News Sentiment, Stock Prices, Event Return, Event Study, Telecommunications Industry, Philippine Stock Market, Stock-Price Reactions

© 2026 ISARC Academy

FINANCIAL SUSTAINABILITY OF SELECTED MANUFACTURING FIRMS IN THE PHILIPPINES

Rowena A. Villarmea, Kurt Russell P. Paradela, Rolando P. Regis Jr., Ailen D. Patatag, Jeah Alchyne P. Macalos, Crina A. Baguhin, Reamae A. Delima, Louise Niño S. Almendras, Earl Stephen Cabiluna, and Caren C. Sasan

Bachelor of Science in Business Administration, Major in Financial Management St. Cecilia's College–Cebu, Inc., Highway, Poblacion, Minglanilla, Cebu, Philippines

ABSTRACT

Manufacturing firms face financial challenges that may affect their ability to maintain operations and achieve financial stability over time. This study assessed the financial sustainability of selected manufacturing firms in the Philippines, namely San Miguel Food and Beverage, Inc. (SMFB), Universal Robina Corporation (URC), and Steniel Manufacturing Corporation, from 2020 to 2024. Using a quantitative-descriptive research design, the study analyzed secondary data from audited financial statements through financial ratio analysis and trend analysis. Descriptive statistics were used to summarize and compare profitability, liquidity, efficiency/activity, and solvency/leverage, with appropriate financial ratio benchmarks considered in interpreting the results. The findings revealed differences in the financial conditions of the three firms. SMFB demonstrated relatively stable profitability and stronger operating efficiency, while URC exhibited stronger balance-sheet resilience and a more favorable capital structure. In contrast, Steniel showed the most volatile and financially vulnerable profile, as its exceptionally high profitability in 2020 did not translate into consistently strong performance in the succeeding years. Overall, the findings emphasized that financial sustainability requires balanced performance across profitability, liquidity, operating efficiency, and solvency rather than relying on profitability alone. To support financial sustainability, manufacturing firms should regularly monitor their financial ratios, strengthen liquidity management, improve the utilization of operating resources, and maintain a balanced capital structure. Future researchers may expand the number of firms and extend the study period to provide a broader understanding of financial sustainability in the Philippine manufacturing sector.

Keywords: Financial Sustainability, Financial Ratio Analysis, Profitability, Liquidity, Operating Efficiency, Financial Solvency, Manufacturing Firms, Philippines.

© 2026 ISARC Academy

EMPLOYEE CREATIVITY AS A FACTOR IN SUCCESSFUL EVENT MANAGEMENT IN CREATIVE INDUSTRIES: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Dragana Baturan

Science and technology park Novi Sad, Serbia

Petar Vrgović

Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Serbia

Abstract

Employee creativity represents a significant factor contributing to organizational success in creative industries, particularly in event management, which is characterized by dynamic working environments, time constraints, complex tasks, and the continuous need to adapt to unforeseen circumstances. Unlike traditional organizational processes, event management requires the simultaneous coordination of creative ideas, available resources, teamwork, and the expectations of diverse stakeholders. In this context, employee creativity is not merely an individual ability to generate original and useful ideas but rather the result of interactions among personal characteristics, the organizational environment, and specific situational demands. The aim of this paper is to examine the role of employee creativity in successful event management within creative industries, with particular attention to the factors that encourage or constrain employees' creative thinking and behavior.

The study employs a systematic literature review, supported by qualitative analysis and thematic synthesis of research addressing employee creativity, organizational factors, and the specific characteristics of event management in creative industries. The literature synthesis suggests that employees' creative behavior is shaped by the interaction of individual competencies and intrinsic motivation, organizational support, workplace autonomy, and the situational characteristics of event management, highlighting the importance of managerial practices that enable employees to express and develop their creative potential. These findings provide a foundation for further research into the relationship between employee creativity and event management success, as well as for developing practical recommendations for human potential management in creative industries.

Keywords: employee creativity, creative industries, event management, organizational factors, systematic literature review.

© 2026 ISARC Academy

PUBLIC POLICY ANALYSIS: CONCEPTS, APPROACHES, CHALLENGES AND ITS ROLE IN EFFECTIVE GOVERNANCE

DR. NURADEEN USMAN DINGYADI

FEDERAL UNIVERSITY OF EDUCATION, ZARIA

Abstract

Public policy analysis is an important instrument for understanding public problems, assessing alternative courses of government action, and determining the likely consequences of policy decisions. In modern governance, governments are confronted with complex challenges such as poverty, unemployment, insecurity, corruption, inadequate infrastructure, environmental degradation, poor healthcare and educational deficiencies. Effective public policy analysis provides a systematic basis for identifying these problems, developing appropriate policy alternatives, selecting feasible options, and evaluating policy outcomes. This paper examines the concepts of public policy and public policy analysis, major approaches to policy analysis, the policy-making process, challenges confronting policy analysis, and its role in promoting effective governance. The paper adopts a qualitative approach based on a review of relevant scholarly literature. It argues that evidence-based policy analysis, stakeholder participation, institutional capacity, transparency, accountability, effective implementation and continuous monitoring and evaluation are essential for successful governance. The paper concludes that strengthening the capacity of governments and policy analysts to generate and utilize credible evidence will improve the quality of public decisions and contribute significantly to effective and sustainable governance.

Keywords: Public Policy, Policy Analysis, Governance, Policy Process, Decision-Making, Public Administration, Evidence-Based Policy.

© 2026 ISARC Academy

PERCEIVED CONSTRAINTS TO COWPEA PRODUCTION AND FARMERS' PRIORITIES FOR SUPPORT IN TAURA LOCAL GOVERNMENT AREA, JIGAWA STATE, NIGERIA

[1]Adamu Sani Gora and [2]Garba Yusif

[1]Department of Science Education, Faculty of Education, Zamfara State University, Talata-Mafara

[2]Department of Agricultural Education, School of Vocational and Technical Education, Jigawa State College of Education Gumel

Abstract

Cowpea (Vigna unguiculata) is an important food and market crop in northern Nigeria, but farmers experience interrelated production and institutional challenges. This paper examines the problems reported by cowpea farmers and the types of support they considered most useful in Taura Local Government Area (LGA), Jigawa State. The paper is based on the 2022-questionnaire survey documented in an earlier project. The source study surveyed 120 farmers selected from five purposively selected wards. Frequencies and percentages were used, and multiple-response items were interpreted as shares of all recorded mentions rather than percentages of respondents. Ninety per cent of respondents (108 of 120) reported experiencing production problems. Among 164 recorded constraint mentions, inadequate finance/capital accounted for 36.59%, pests and diseases 27.43%, and limited access to improved seed/farm inputs 20.12%. These were followed by poor transport/basic amenities (9.15%) and inadequate land (6.71%). Among 147 recorded suggestions for support, subsidized farm inputs represented 32.65%, loans 25.17%, better produce pricing 24.49%, storage facilities 11.56%, and an extension-worker item 6.12%;. The findings suggest that credit, input availability, pest management, extension support, and market coordination should be addressed together.

Keywords: cowpea; production constraints; agricultural credit; farm inputs; multiple-response analysis.

© 2026 ISARC Academy

ENTERIC DIALYSIS IN VETERINARY NEPHROLOGY

Vikram Chandu V[1]*, Jeevan Jacob Varghese[2], Aparna Venkatakrishnan[3]

[1]* M.V.Sc Scholar, Department of Veterinary Medicine, Rajiv Gandhi Institute of Veterinary Education and Research, Puducherry. Orcid: 0009-0006-3271-0172.

[2] B.V.Sc graduate, Rajiv Gandhi Institute of Veterinary Education and Research, Puducherry. Orcid: 0009-0002-6007-9585.

[3]B.V.Sc graduate, Rajiv Gandhi Institute of Veterinary Education and Research, Puducherry. Orcid: 0009-0008-7974-4243.

Abstract

Renal insults can impair the excretion of nitrogenous waste products, resulting in their accumulation in the bloodstream and the development of uremia. Uremia is associated with several systemic complications, including uremic gastroenteritis and uremic encephalopathy and is commonly observed in animals with acute kidney injury (AKI), chronic kidney disease (CKD) and end-stage renal disease (ESRD). However, access to conventional dialysis remains limited in many veterinary establishments. In this context, enteric dialysis has emerged as a potential adjunctive approach to reducing the systemic burden of uremic toxins. This approach is based on the principle of enhancing the intestinal elimination of nitrogenous waste products through microbial metabolism and intestinal excretion. Certain uremic solutes can diffuse from the bloodstream into the intestinal lumen, where selected microorganisms may metabolise specific compounds, thereby maintaining a concentration gradient that favours further intestinal transfer. This process may facilitate the elimination of nitrogenous waste and reduce the metabolic burden associated with impaired renal function. Although blood urea nitrogen (BUN) reflects circulating urea, the removal of creatinine and protein-bound uremic toxins, such as indoxyl sulfate, depends on their individual physicochemical properties and should not be assumed to occur through identical mechanisms.

The therapeutic potential of enteric dialysis also extends to the management of intestinal dysbiosis associated with CKD. The composition and metabolic activity of the intestinal microbiota play important roles in the gut-kidney axis, influencing nitrogen metabolism, uremic toxin production, intestinal barrier integrity and inflammation. Probiotic strains such as *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium longum*, in combination with prebiotics such as fructooligosaccharides (FOS) or psyllium husk may support beneficial microbial activity and improve intestinal homeostasis. Their potential mechanisms include the utilisation of selected nitrogenous substrates, fermentation of carbohydrates, production of lactic acid and short-chain fatty acids (SCFAs) and suppression of certain pathogenic microorganisms through competitive exclusion and the production of antimicrobial metabolites. These effects may help maintain a favourable intestinal environment, reduce proteolytic fermentation and limit the generation of potentially harmful metabolites, including indole and p-cresol, which are precursors of indoxyl sulfate and p-cresyl sulfate, respectively. The efficacy of these interventions depends on the microbial strains, their viability, the administered dose expressed in colony-forming units (CFU) and the formulation and storage conditions of the supplement. Appropriate handling and administration are therefore essential to preserve probiotic viability. Overall, enteric dialysis represents a promising supportive strategy in veterinary nephrology, particularly where conventional renal replacement therapies are unavailable. It should be regarded as an adjunct to, rather than a replacement for, standard veterinary management of renal disease.

Keywords: Canine, Uremia, Probiotics, Gut, Dysbiosis.

© 2026 ISARC Academy

GENOMIC-CLINICAL SURVEILLANCE AND EARLY-WARNING APPROACHES FOR ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN INTENSIVE CARE AND HOSPITAL ENVIRONMENTS

Md Javed Alam[1], Nirmal Chandra Mahat[2]*

[1]Intensive Care Unit, Popular Medical College Hospital, Dhaka-1205, Bangladesh.

[2]Department of Applied Nutrition and Food Technology, Islamic University Bangladesh, Kushtia-7003.

*Corresponding

Nirmal Chandra Mahat

Research Assistant of Functional Food & Nutraceuticals Lab.

Department of Applied Nutrition and Food Technology, Faculty of Biological Science

Islamic University Bangladesh, Kushtia-7003.

Abstract

Multidrug-resistant (MDR) pathogens are a major clinical problem in intensive care units (ICUs) and hospitals, and antimicrobial resistance (AMR) is a growing global health challenge. Conventional surveillance methods provide resistance data but do not fully explain transmission dynamics or resistance mechanisms. To assess integrated genomic and clinical surveillance and early-warning systems for detecting and monitoring AMR in hospitals. Conducted a scoping review using the Joanna Briggs Institute (JBI) methodology and PRISMA-ScR guidelines. Searched the databases PubMed, Scopus, Web of Science, Embase, and Google Scholar using keywords associated with antimicrobial resistance, genomic surveillance, whole-genome sequencing, clinical data integration, intensive care, and early-warning systems. Included studies that used genomic, microbiological, clinical, or integrated approaches for AMR surveillance, provided they met the eligibility criteria. We extracted, charted, and descriptively synthesized the data. The evidence showed that integrated surveillance helps explain AMR epidemiology by combining genomic, microbiological, and clinical information. Whole-genome sequencing identified high-risk pathogens, such as carbapenem-resistant Enterobacterales and multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii*, by their resistance genes, plasmid-mediated transmission, and phylogenetic relationships. Clinical data sources such as electronic health records, antibiotic exposure, intensive care unit characteristics, and patient outcomes improved risk prediction and interpretation of the genomic results. AI-based models could enable early detection of resistant infections and outbreaks. However, challenges remain with data interoperability, infrastructure requirements, cost, data standardization, and limited external validation. Conclusion: A potential framework for integrated genomic-clinical surveillance as an early-warning tool for AMR exists; however, structured, validated, and scalable approaches are needed for wider adoption.

Keywords: Antimicrobial resistance; Genomic surveillance; Whole-genome sequencing; Clinical data integration; Early-warning systems.

© 2026 ISARC Academy

PHYSICAL ACTIVITY, SYSTEMIC INFLAMMATION AND LEFT VENTRICULAR FUNCTION IN ST ELEVATED MYOCARDIAL INFARCTION: DOES DURATION OF DIABETES MATTER?

Dr Sarah Shahid[1]

[1]Assistant Professor of Physiology, Khyber Girls Medical College, Peshawar, Pakistan

[1] https://orcid.org/0009-0001-2859-0319

A Cross-Sectional Study from Hayatabad Medical complex, Peshawar, Pakistan

ABSTRACT

Background: Diabetes mellitus is one of the most common conditions seen alongside STEMI, and it consistently leads to worse outcomes. Inflammation measured through the neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR) is a key driver of myocardial damage after a heart attack. But whether having diabetes changes the relationship between NLR and left ventricular function, and whether how long a patient has had diabetes plays any role, remains poorly understood especially in Pakistani patients.

Objectives: To compare inflammatory markers and left ventricular ejection fraction (LVEF) in diabetic versus non-diabetic STEMI patients; to evaluate NLR as a predictor of left ventricular systolic dysfunction (LVSD) separately in each group; and to examine whether duration of diabetes modifies the NLR-LVEF relationship.

Methods: This analytical cross-sectional study enrolled 153 STEMI patients from a tertiary cardiac Centre in Peshawar between May and September 2025. Patients were divided into diabetic (n=93) and non-diabetic (n=60) groups. NLR was derived from admission complete blood counts. LVEF was measured by Simpson's biplane echocardiography. LVSD was defined as LVEF <50%. Statistical tests included independent t-test, chi-square, one-way ANOVA, Spearman rank correlation, ROC analysis, and multivariate logistic regression.

Results: Diabetic STEMI patients had significantly lower LVEF (51.6±11.0% vs 56.1±9.2%, p=0.009) and a much higher rate of LVSD (35.5% vs 16.7%, p=0.019). Multi-vessel coronary artery disease was significantly more prevalent in diabetics (68.8% vs 43.3%, p=0.007). Within both groups, NLR remained a strong predictor of LVSD (AUC 0.883 in diabetics, 0.926 in non-diabetics). The NLR-LVEF correlation was equally strong in both groups ($\rho \approx -0.76$, $p<0.001$). Duration of diabetes did not significantly modify NLR (p=0.109) or LVEF (p=0.343) across tertiles. On multivariate analysis, both NLR (OR 2.00, p<0.001) and DM (OR 4.17, p=0.043) independently predicted LVSD.

Conclusion: Diabetes significantly worsens left ventricular outcomes in STEMI through a higher burden of coronary artery disease and a more impaired myocardium at the time of infarction. NLR remains a reliable predictor of LVSD regardless of diabetes status. How long a patient has had diabetes did not appear to drive NLR elevation in isolation, the mere presence of DM was the dominant factor. These findings have direct implications for how we risk-stratify STEMI patients in Pakistan

.**Keywords:** Diabetes mellitus; neutrophil-to-lymphocyte ratio; STEMI; left ventricular ejection fraction; left ventricular systolic dysfunction; diabetic cardiomyopathy; Pakistan

© 2026 ISARC Academy

FIRST-EPISODE PSYCHOSIS IN PSYCHIATRIC EMERGENCY CARE

Ardian Braho[1], Ariel Çomo[1]

[1]Psychiatric Hospital, Tirana, Albania

Background: First-episode psychosis is a severe psychiatric condition that often requires urgent assessment and early intervention. Patients who present for the first time to psychiatric emergency services commonly have acute symptoms, delayed help-seeking, functional impairment, and increased risk of hospitalization.

Aim: This study aimed to describe the sociodemographic, clinical, and psychosocial profile of patients presenting for the first time with psychosis to the Psychiatric Emergency Department, and to identify factors associated with hospitalization.

Methods: A prospective observational study was designed among 156 patients with first-episode psychosis presenting to the Psychiatric Emergency Department over a two-year period. Based on distributions reported in previous literature, the sample was structured to include predominantly young adults, with an expected mean age of 28.5 ± 9.6 years and a higher proportion of males, approximately 60%. Data were collected on residence, education, employment status, family psychiatric history, substance use, duration of untreated psychosis, psychotic symptoms, suicidal ideation, aggressive behaviour, provisional diagnosis, treatment provided, and admission outcome.

Results: Based on literature-informed estimates, 92 patients, approximately 59.0%, were expected to require inpatient hospitalization, while 64 patients, 41.0%, were managed through emergency stabilization and outpatient referral. Substance use was present in about 48 patients, 30.8%, mainly cannabis and alcohol use. A positive family history of psychiatric disorders was expected in 39 patients, 25.0%. The median duration of untreated psychosis was estimated at approximately 14 weeks, with longer delays among patients requiring hospitalization. Severe positive symptoms, including delusions, hallucinations, and marked disorganized behaviour, were expected in nearly two thirds of the sample. Suicidal ideation was estimated in 31 patients, 19.9%, while aggressive behaviour or acute behavioural disturbance was expected in 34 patients, 21.8%. Hospitalization was expected to be more frequent among patients with longer untreated psychosis, substance use, severe positive symptoms, suicidal ideation, aggressive behaviour, and poor family or social support.

Conclusion: Patients with first-episode psychosis presenting to psychiatric emergency services represent a clinically vulnerable group with substantial need for inpatient care. Early identification, structured risk assessment, and rapid referral to specialized psychiatric services may improve clinical management and long-term outcomes.

Keywords: first-episode psychosis; psychiatric emergency; hospitalization; duration of untreated psychosis; substance use; suicidal ideation; early intervention.

© 2026 ISARC Academy

ORBITAL COMPLICATIONS OF RHINOSINUSITIS: CLINICAL PRESENTATION, DIAGNOSIS AND MANAGEMENT

Tedi Minarolli[1], Birkena Qirjazi[1]

[1]University Hospital Center "Mother Theresa," Tirana, Albania

Background: Rhinosinusitis is a common inflammatory condition of the paranasal sinuses, but in some cases, infection may spread beyond the sinus cavities and involve the orbit. Orbital complications are clinically important because they may progress rapidly and can threaten both vision and life if not diagnosed and treated promptly. These complications are more frequent in children and adolescents, mainly due to the close anatomical relationship between the ethmoid sinuses and the orbit.

Objective: This abstract aims to summarize the clinical presentation, diagnostic approach and management principles of orbital complications secondary to rhinosinusitis.

Methods: A descriptive clinical and literature-based overview was prepared, focusing on the main orbital complications of rhinosinusitis, including preseptal cellulitis, orbital cellulitis, subperiosteal abscess, orbital abscess and cavernous sinus thrombosis. Particular attention was given to presenting symptoms, imaging findings, antimicrobial treatment and indications for surgical intervention.

Results: Orbital complications commonly present with fever, eyelid swelling, periorbital erythema, ocular pain and nasal symptoms. More severe forms may be associated with proptosis, restricted eye movements, diplopia, reduced visual acuity, afferent pupillary defect or signs of systemic toxicity. Preseptal cellulitis is usually limited to the tissues anterior to the orbital septum, whereas orbital cellulitis and abscess formation involve deeper orbital structures and require urgent assessment. Contrast-enhanced computed tomography or magnetic resonance imaging is essential when orbital involvement is suspected, particularly in patients with proptosis, ophthalmoplegia, visual impairment or poor response to initial treatment. Management includes prompt broad-spectrum intravenous antibiotics targeting common sinus pathogens, nasal decongestive therapy and close ophthalmologic and otorhinolaryngologic evaluation. Surgical drainage is indicated in selected cases, especially in the presence of subperiosteal or orbital abscess, visual compromise, intracranial extension or failure to improve with medical therapy.

Conclusion: Orbital complications of rhinosinusitis require early recognition and multidisciplinary management. Careful clinical assessment, timely imaging, appropriate intravenous antibiotic therapy and surgical intervention when indicated are essential to prevent irreversible visual loss, intracranial spread and other severe outcomes.

Keywords: rhinosinusitis; orbital complications; orbital cellulitis; subperiosteal abscess; sinusitis.

© 2026 ISARC Academy

THE LIMITS OF INTERFERENCE IN PATIENT DECISION-MAKING

VORONEANU-POPA Rareș-Vasile

CONSTANTINESCU Richard

Affiliation: ”Grigore T. Popa” University of Medicine and Pharmacy of Iași

ABSTRACT

The patient is one of the key stakeholders in the healthcare system. Patients seek medical care to improve their quality of life. However, in certain situations, particularly when complex medical decisions must be made, physicians play an important role in helping patients identify the most appropriate treatment options.

At times, physicians recommend a particular medical intervention. In other cases, these recommendations may go beyond merely providing medical advice, potentially influencing or directing patients towards a specific medical decision. From a bioethical perspective, this raises several important concerns. Patients should not be subjected to pressure when making healthcare decisions; rather, they should be free to make informed choices based on their own values, preferences, and judgment.

These issues become particularly sensitive when patients’ family members are involved. Although medical decisions are sometimes made in consultation with relatives, clear boundaries must be maintained to safeguard patient autonomy and prevent undue influence.

The aim of our study is to examine the ethical boundaries of third-party involvement and influence in patients’ medical decision-making processes.

Keywords: Patient autonomy; Medical decision-making; autonomy

© 2026 ISARC Academy

STABILITY ANALYSIS OF FUNCTIONALLY GRADED SHALLOW SHELLS REINFORCED WITH GRAPHENE

Zakia HAMMOU[1,2]

[1]Physical chemistry Department, Chemistry Faculty, University of Science and Technology of Oran, USTO, Oran, Algeria

[1]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0000-3141-6920

Yamna HAMMOU[2]

[2]Composite Structures and Innovative Materials Laboratory, Mechanical Engineering Faculty, University of Science and Technology of Oran, BP 1505 El M'naouer, USTO, Oran, Algeria.

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-7781-9612

Zakia GUEZZEN[2]

[2]Composite Structures and Innovative Materials Laboratory, Mechanical Engineering Faculty, University of Science and Technology of Oran, BP 1505 El M'naouer, USTO, Oran, Algeria.

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0002-4979-078X

Zouaoui SEREIR[2]

[2]Composite Structures and Innovative Materials Laboratory, Mechanical Engineering Faculty, University of Science and Technology of Oran, BP 1505 El M'naouer, USTO, Oran, Algeria.

[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-2844-6963

Abstract

In this article, an analytical model was developed to study the nonlinear vibrations of shallow shells reinforced with dual-curvature functionally graded graphene nanoplatelets (FG-GPLs) using the multi-scale method (MSM). The nonlinear partial differential equations of motion are based on the shallow FGM shell assumption, nonlinear Von-Karman geometric relationships, and the Galerkin method for reducing the partial differential equations associated with simply supported boundary conditions. The novelty of this model lies in the simultaneous prediction of natural frequencies and their modal shapes with respect to different curvatures (cylindrical, spherical, conical, and plate) and different types of FG-GPLs. Using Floquet theory, we studied the influence of the number of modes retained in the discretization on the expected periodic motions and their bifurcations when the excitation frequency Ω is close to the fundamental natural frequency of the hull. The results obtained show that the frequency response of shallow FG-GPL hulls exhibited two types of nonlinear hardening and softening, strongly influenced by changes in the fundamental vibration mode and the applied excitation force. Stability analysis revealed a semi-periodic motion with frequently closed cycles.

Keywords: Multiple Scale Method, Galerkin method; Functionally Graded graphene; Fundamental Linear Frequency, Stability.

© 2026 ISARC Academy

UTILIZATION OF *ZIZIPHUS LOTUS* SEEDS AS A LIGNIN SOURCE FOR ACTIVATED CARBON PREPARATION AND RED CONGO DYE ADSORPTION: OPTIMIZATION, KINETIC BEHAVIOR, ISOTHERMAL MODELS, AND THERMODYNAMIC PROPERTIES

Aboubacar Sidigh Sylla[1]

[1] Sultan Moulay Slimane University, Faculty of Science and Technology, Department of Chemistry and Environment, Beni-Mellal, Morocco.

Mohssine Ghazoui[2]

[2]Sultan Moulay Slimane University, Faculty of Science and Technology, Department and Environment, Beni-Mellal, Morocco.

Aziz Ihammi[1]

[1]Sultan Moulay Slimane University, Faculty of Science and Technology, Department and Environment, Beni-Mellal, Morocco.

Ilham Kirm[1]

[1]Sultan Moulay Slimane University, Faculty of Science and Technology, Department and Environment, Beni-Mellal, Morocco.

Chigr Mohammed[1]

[1]Sultan Moulay Slimane University, Faculty of Science and Technology, Department and Environment, Beni-Mellal, Morocco.

Abstract

Increasing toxic dye wastewater from various industries causes a major environmental concern. This study investigates the utilization of *Ziziphus lotus* seeds (ZS) as a lignin source for preparing activated carbon (AC) and treating Congo red (CR) dye with this AC. Potassium hydroxide (KOH) was used as an activating agent. The optimization was performed by using Response Surface Methodology (RSM) methods to investigate the effect of the impregnation ratio A, the activation time (min) B, and the activation temperature (°C) C. The optimal AC was characterized by Attenuated Total Reflectance Fourier-Transform Infrared (ATR-FTIR) spectroscopy, X-ray diffraction (XRD), and Scanning Electron Microscopy (SEM), ZS was also characterized by ATR-FTIR. The batch adsorption of CR dye onto the optimal AC, by varying the pH, the time, the temperature, the AC dose, and the initial concentration of CR. The results show that the maximum adsorption rate (85.34%) was obtained at 550°C, with an activation time of 120 min and an impregnation ratio of 3. The optimal conditions for the adsorption were pH=4, contact time=80 min, AC dose of 0.4 g/L and a temperature of 50°C. The adsorption isotherm was better fitted with the Freundlich model (R^2 =0.990) and the kinetic model was fitted with the pseudo-second-order for both concentrations of 20 mg/L and 40mg/L.

Keywords: *Ziziphus Lotus* stones; Activated carbon; Congo red; Response Surface Morphology; Lignin; Adsorption.

© 2026 ISARC Academy

GEOSPATIAL ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL NOISE POLLUTION PATTERNS IN GANDU SARKI AND GIMARE COMMUNITY LAFIA, NASARAWA STATE NIGERIA.

Abdullahi, Zainab Suleiman[1,2] , Jibrin Suleiman Yaro[1],Ezekiel Ayiwulu[1], Jibrin Abdullahi Suleiman[1], and Leo. Abejide[1],

Dept of Geography Federal University of Lafia, Nasarawa State

Dept of Physics Federal University of Technology Owerri, Imo State

Dept of Geology Federal University of Lafia, Nasarawa State

ABSTRACT

Environmental noise pollution has increasingly become a concern of urban environment in rapidly developing communities especially in areas experiencing intensified commercial activities, vehicular movement and growing student populations. The present study evaluated the spatial distribution of environmental noise pollution in Gandu and Gimare communities, Lafia Local Government Area, Nasarawa State, Nigeria.The study was conducted to identify areas where noise levels exceed the acceptable limits set by the World Health Organization (WHO) and the National Environmental Standards and Regulations Enforcement Agency (NESREA) and to examine the spatial variations of noise pollution in the study area. The study used descriptive and geospatial research design including field measurements of noise levels at fourteen sampling points (seven in each community) in morning and evening hours. The geographical coordinates were recorded at all sampling points and the questionnaire data from 396 respondents were used to complement the environmental assessment. Collected data was summarized with descriptive statistical techniques and spatial noise distribution patterns were generated in ArcGIS using GIS-based Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation. The results showed that six (42.9%) sampling locations had mean noise levels above the NESREA recommended limit of 55 dB(A) during the day for residential areas. The highest noise levels were observed at Gandu Junction (87 dB(A)) and Charging Booth, Gimare (86 dB(A)). The GIS analysis suggested that higher noise levels were spatially clustered around major road intersections, commercial activity zones and other high intensity activity areas, while lower noise levels were found in less disturbed residential and peripheral areas. The study establishes that noise pollution in Gandu and Gimare communities exhibits clear spatial variability, with specific locations emerging as significant noise hotspots. It recommends continuous GIS-based noise monitoring, effective enforcement of environmental noise regulations and improved spatial planning strategies to reduce exposure and enhance environmental quality.

Keywords: Environmental noise pollution; Inverse Distance Weighting (IDW); Noise hotspots; NESREA; Lafia.

© 2026 ISARC Academy

BESLENMENİN HÜCRESEL KADER ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: FERROPTOZUN NUTRİSYONEL VE METABOLİK REGÜLASYONU

Doç. Dr. Ezgi KAR

Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 43020 Zafertepe, Kütahya

ORCID ID: 0000-0003-2134-4067

ÖZET

Ferroptoz, demire bağımlı fosfolipid peroksidasyonu ile karakterize edilen düzenlenmiş bir hücre ölümü biçimidir ve son yıllarda beslenme, oksidatif stres ve kronik inflamasyon arasındaki ilişkiyi açıklayan önemli mekanizmalardan biri olarak öne çıkmıştır. Hücresel ferroptoz duyarlılığı; demir homeostazı, çoklu doymamış yağ asitlerinin membran fosfolipitlerine katılımı ve glutatyon peroksidaz-4 (GPX4) aracılı antioksidan savunma sistemi tarafından belirlenmektedir. Beslenme bileşenleri bu süreçleri farklı yönlerde modüle edebilmektedir. Özellikle PUFA'lar lipid peroksidasyonunu artırarak ferroptozu desteklerken, MUFA'lar, vitamin E, selenyum ve bazı fitokimyasallar ferroptotik hasarı sınırlandırabilmektedir. SLC7A11/GSH/GPX4, FSP1/CoQ10, Nrf2 ve demir taşınmasıyla ilişkili yolaklar, besin ögeleri ile ferroptoz arasındaki başlıca moleküler bağlantıları oluşturmaktadır. Ayrıca ferroptoz ve kronik inflamasyon arasında çift yönlü bir etkileşim bulunmakta; artan lipid peroksidasyonu ve reaktif oksijen türleri inflamatuar yanıtı güçlendirirken, inflamatuar sitokinler de ferroptotik duyarlılığı artırabilmektedir. Bu bulgular, ferroptozun beslenmeye dayalı müdahaleler ve hassas beslenme yaklaşımları açısından umut verici bir hedef olabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar kelimeler: Ferroptoz, beslenme, lipid peroksidasyonu, GPX4, kronik inflamasyon

THE EFFECT OF NUTRITION ON CELLULAR DESTINY: NUTRITIONAL AND METABOLIC REGULATION OF FERROPTOSIS

ABSTRACT

Ferroptosis is a form of regulated cell death characterized by iron-dependent phospholipid peroxidation and has emerged in recent years as one of the key mechanisms explaining the relationship between nutrition, oxidative stress, and chronic inflammation. Cellular sensitivity to ferroptosis is determined by iron homeostasis, the incorporation of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) into membrane phospholipids, and the glutathione peroxidase-4 (GPX4)-mediated antioxidant defense system. Dietary components can modulate these processes in different ways. In particular, while PUFAs promote ferroptosis by increasing lipid peroxidation, MUFAs, vitamin E, selenium, and certain phytochemicals can limit ferroptotic damage. The SLC7A11/GSH/GPX4, FSP1/CoQ10, Nrf2, and iron transport-related pathways constitute the primary molecular links between dietary components and ferroptosis. Furthermore, there is a bidirectional interaction between ferroptosis and chronic inflammation; increased lipid peroxidation and reactive oxygen species amplify the inflammatory response, while inflammatory cytokines can also increase ferroptotic susceptibility. These findings suggest that ferroptosis may be a promising target for nutrition-based interventions and precision nutrition approaches.

Keywords: Ferroptosis, nutrition, lipid peroxidation, GPX4, chronic inflammation

© 2026 ISARC Academy

1. GİRİŞ

Beslenme, organizmanın fizyolojik işlevlerini sürdürebilmesi için gerekli enerji ve temel besin ögelerini sağlarken, gıdalarda bulunan biyoaktif bileşenler de insan sağlığı üzerindeki potansiyel yararları nedeniyle giderek daha fazla ilgi görmektedir (Natraj ve ark., 2023; Yu ve ark., 2024). Epidemiyolojik çalışmalar, beslenme alışkanlıkları ile obezite (Poursalehi ve ark., 2024), diyabet (Yang ve ark., 2023a), kanser (de Araújo Fagundes ve ark., 2024) ve kardiyovasküler hastalıklar (Palomar-Cros ve ark., 2023) gibi yaygın kronik hastalıklar arasında önemli ilişkiler bulunduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle besin ögesi yetersizliklerinin çeşitli hastalıkların patogenezinde ve klinik seyrinde belirleyici rol oynayabileceği düşünülmektedir (Singh ve ark., 2023). Örneğin psikiyatrik hastalarda plazma demir ve protein düzeyleri ile transferrin satürasyonunun hastanede yatış süresiyle negatif korelasyon gösterdiği bildirilmiş olup bu bulgu, yetersiz beslenmenin olumsuz klinik sonuçlara katkıda bulunabileceğini düşündürmektedir (Giménez-Palomo ve ark., 2023). Bu doğrultuda, beslenme örüntülerinin iyileştirilmesi ve bireysel gereksinimlere yönelik besin ögesi desteğinin sağlanması, farklı hastalıkların yönetiminde mevcut tedavilere katkı sunabilecek tamamlayıcı yaklaşımlar olarak değerlendirilmektedir.

Hücre ölümü, hasarlı, işlevini yitirmiş veya gereksinim fazlası hücrelerin ortadan kaldırılmasını sağlayarak doku homeostazının korunmasında ve organizmanın normal gelişiminde temel rol oynamaktadır. Ancak hücre ölümünü düzenleyen mekanizmalardaki bozukluklar, çeşitli patolojik süreçlerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Hücre ölümünün aşırı düzeyde gerçekleşmesi doku ve organ hasarıyla sonuçlanırken (Yang ve ark., 2024a), özellikle kanser hücrelerinin bu süreçlerden kaçabilmesi kontrolsüz proliferasyonu, invazyonu ve metastatik yayılımı kolaylaştırabilmektedir (Huang ve ark., 2023). Hücre içi sinyal yolakları tarafından kontrol edilen düzenlenmiş hücre ölümü (regulated cell death, RCD), bu nedenle son yıllarda önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Bu mekanizmalar arasında yer alan ferroptoz, demire bağımlı lipid peroksidasyonu ile karakterize edilen ve çeşitli hastalıkların patogeneziyle ilişkilendirilen bir hücre ölümü biçimidir (Dixon ve Pratt, 2023). Ferroptozun farklı moleküler müdahalelerle düzenlenebileceğine ilişkin bulgular, bu sürecin terapötik açıdan taşıdığı potansiyeli ortaya koymaktadır. Örneğin, aspirinin solüt taşıyıcı ailesi 7 üyesi 11 (SLC7A11) geninin transkripsiyonunu baskılayarak hepatoselüler karsinom hücrelerinde ferroptozu indüklediği gösterilmiştir (Wang ve ark., 2023a). Benzer şekilde, çeşitli nanomalzemelerin ferroptotik hücre ölümünü tetikleyerek antikanser etkiler oluşturabileceği bildirilmiştir (Cao ve ark., 2023; Liu ve ark., 2024). Sadece ilaç değil besin maddesi olarak, kafeik asidin nükleer faktör eritroid 2 ile ilişkili faktör 2 (NRF2) sinyal yolunu düzenleyerek ferroptozla ilişkili beyin hasarını hafifletebildiği ortaya konmuştur (Li ve ark., 2024). Bu bulgular, ferroptozun farklı biyokimyasal ve moleküler mekanizmalar üzerinden hem uyarılabilen hem de baskılanabilen dinamik bir süreç olduğunu ve hastalığın patofizyolojik özelliklerine bağlı olarak potansiyel bir terapötik hedef oluşturabileceğini düşündürmektedir.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. Ferroptozun Moleküler ve Biyokimyasal Mekanizmaları

Ferroptoz sürecinde, hücre membranında aşırı düzeyde biriken lipid peroksitler, membranın yapısal bütünlüğünü ve geçirgenliğini bozarak hücresel işlevlerin kaybına ve nihayetinde hücre ölümüne neden olmaktadır. Günümüze kadar gerçekleştirilen araştırmalar, ferroptozun gelişiminde belirleyici olan lipid peroksidasyonunun çok sayıda protein ve moleküler sinyal yolağı tarafından düzenlendiğini ortaya koymuştur. Bu düzenleyici mekanizmaların özellikle lipid metabolizması, demir homeostazı, amino asit metabolizması ve hücresel redoks dengesiyle yakından ilişkili olması, ferroptozun metabolik süreçlerle bütünleşmiş karmaşık bir hücre ölümü mekanizması olduğunu göstermektedir (Wang ve ark., 2023b).

Ferroptozun temel biyokimyasal mekanizması, hücre membranındaki çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) içeren fosfolipitlerin aşırı peroksidasyonuna dayanmaktadır. Bu süreçte, uzun zincirli açil-CoA sentetaz 4 (ACSL4), serbest PUFA'ları CoA ile birleştirerek PUFA-CoA oluşumunu katalizlerken, lizofosfatidilkolin açiltransferaz 3 (LPCAT3) bu yağ asitlerinin membran fosfolipitlerine katılımını

© 2026 ISARC Academy

sağlayarak peroksidasyona duyarlı fosfolipitlerin (PL-PUFA) oluşumunu desteklemektedir (Doll ve ark., 2017). ACSL4 ve LPCAT3 aktivitelerindeki artışın ferroptotik duyarlılığı güçlendirdiği, bu enzimlerin farklı sinyal yolakları tarafından düzenlenebildiği gösterilmiştir. Özellikle interferon genlerinin uyarıcısı (STING) ekspresyonunun artışı, protein kinaz C βII (PKCβII) aracılı ACSL4 fosforilasyonu ve Yes-ilişkili protein (YAP) tarafından LPCAT3 transkripsiyonunun uyarılması, ferroptozun gelişimini destekleyen mekanizmalar arasında yer almaktadır (Gao ve ark., 2023a; Cui ve ark., 2023). Buna karşılık LPCAT3 aktivitesinin inhibisyonu, lipid peroksidasyonuna bağlı hücre ölümünü sınırlandırabilmektedir (Reed ve ark., 2022). Oluşan PL-PUFA'ların reaktif oksijen türleri (ROS) ve moleküler oksijenle etkileşimi sonucunda lipid peroksil radikalleri meydana gelmekte, bu radikallerin diğer membran fosfolipitleriyle reaksiyona girmesi ise lipid hidroperoksitlerin (PL-PUFA-OOH) birikimine yol açan zincirleme oksidasyon reaksiyonlarını başlatmaktadır (Conrad ve Pratt, 2019).

Demir homeostazındaki bozulmalar, ferroptozun gelişimini belirleyen bir diğer temel mekanizmadır. Özellikle iki değerlikli demirin (Fe^{2+}), H_2O_2 ile Fenton reaksiyonuna girmesi sonucu oluşan yüksek reaktiflikteki serbest radikaller, membran lipidlerinin peroksidasyonunu hızlandırmaktadır. Hücre dışındaki transferrine bağlı üç değerlikli demir (Fe^{3+}), transferrin reseptörü (TfR) aracılığıyla hücre içine alınırken, bu sürecin düzenlenmesinde görev alan proteinler hücre içi serbest demir havuzunu ve ferroptotik duyarlılığı etkilemektedir (Bomford ve Munro, 1985). Hücre içi demirin temel depo proteini olan ferritin, hafif (FTL) ve ağır (FTH1) zincirlerinden oluşarak serbest demir düzeylerinin kontrolünde kritik rol oynamaktadır (Zandman-Goddard ve Shoenfeld, 2007). Bununla birlikte, nükleer reseptör koaktivatörü 4 (NCOA4) aracılı ferritinin otofajik yıkımı, depolanmış demirin serbestleşmesine neden olarak ferroptoz duyarlılığını artırabilmektedir (Wu ve ark., 2023). Benzer şekilde, hem oksijenaz-1 (HO-1) aracılı hem yıkımı sonucunda açığa çıkan demir de hücre içi serbest demir havuzunu genişleterek lipid peroksidasyonunu ve ferroptotik hasarı güçlendirebilmektedir (Menan ve ark., 2022).

Ferroptozun kontrolünde hücresel antioksidan savunma mekanizmaları da belirleyici rol oynamaktadır. Bu mekanizmaların başında, sistem Xc^-/glutatyon (GSH)/glutatyon peroksidaz 4 (GPX4) ekseni gelmektedir (Li ve ark., 2023a; Jin ve ark., 2023a). SLC7A11 ve SLC3A2 alt birimlerinden oluşan sistem Xc^-, hücre içine sistin taşınmasını sağlayarak GSH sentezini desteklemekte; bu sistemin baskılanması ise sistein ve GSH düzeylerinin azalmasına bağlı olarak ferroptozu tetikleyebilmektedir (Ye ve ark., 2022). SLC7A11 ekspresyonunun artırılması ferroptotik direnci güçlendirirken (Sun ve ark., 2022), SLC3A2'nin yıkımı hücreleri ferroptoza duyarlı hale getirebilmektedir (Xiang ve ark., 2023). Bu savunma sisteminin temel enzimi olan GPX4, GSH'nin indirgeme kapasitesinden yararlanarak toksik lipid hidroperoksitleri etkisiz hale getirmekte ve membran bütünlüğünü korumaktadır. GPX4 stabilitesinin düzenlenmesi ve NRF2 aracılı ekspresyonunun artırılması da ferroptozun baskılanmasına katkıda bulunmaktadır (Cheng ve ark., 2023). GPX4'ten bağımsız çalışan ferroptoz baskılayıcı protein 1 (FSP1) ise koenzim Q10'u (CoQ10) indirgenmiş formu olan ubikinole dönüştürerek lipid peroksil radikallerinin nötralizasyonunu sağlamaktadır (Lin ve ark., 2024). Mitokondriyal gliserol-3-fosfat dehidrogenaz 2 (GPD2) aracılı ubikinol üretimi ve K vitamini epoksit redüktaz kompleksi alt birimi 1 benzeri 1 (VKORC1L1) tarafından vitamin K'nın indirgenmesi de alternatif anti-ferroptotik savunma mekanizmaları arasında yer almaktadır (Yang ve ark., 2023a). Ayrıca membrana bağlı O-açiltransferaz 1 ve 2 (MBOAT1/2), tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA) membran fosfolipitlerine katılımını artırarak peroksidasyona duyarlı PUFA içeriğini azaltmakta ve ferroptotik hücre ölümüne karşı koruyucu etki göstermektedir (Liang ve ark., 2023).

Bu bulgular, ferroptozun tek bir moleküler mekanizmaya bağlı olarak gerçekleşmediğini, aksine hücre içindeki ferroptozu teşvik eden ve baskılayan düzenleyici sistemlerin karşılıklı etkileşimiyle kontrol edilen karmaşık bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla bu süreçte görev alan temel moleküler hedeflerin ve sinyal yolaklarının modülasyonu, ferroptozla ilişkili patolojik durumların önlenmesi ve tedavisine yönelik yeni terapötik stratejilerin geliştirilmesi açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır.

© 2026 ISARC Academy

2.2. Ferroptozu Hedef Alan Beslenme Alışkanlıkları

Beslenme örüntüleri, ferroptozun düzenlenmesi yoluyla çeşitli patolojik süreçleri etkileyebilmektedir. Özellikle ketojenik diyet, belirli amino asitlerin kısıtlanması ve aralıklı açlık gibi yaklaşımların ferroptotik hücre ölümü üzerindeki etkileri son yıllarda araştırılmaktadır (Wang ve ark., 2022; Fujihara ve ark., 2022). Yüksek yağ, yeterli protein ve düşük karbonhidrat içeriğiyle karakterize ketojenik diyetin epilepsi, multipl skleroz ve kanser gibi hastalıklardaki terapötik potansiyeli üzerinde durulmaktadır (Bock ve ark., 2021; Dmitrieva-Posocco ve ark., 2022). Alzheimer hastalarında gerçekleştirilen randomize bir çalışmada ketojenik diyetin yaşam kalitesi ve günlük yaşam aktivitelerini iyileştirdiği bildirilmiştir (Phillips ve ark., 2021). Deneysel çalışmalarda ise ketojenik diyetin hipokampusta demir birikimini ve lipid peroksidasyonunu azaltırken GPX4 ve FSP1 ekspresyonunu artırarak nöronal ferroptozu baskılayabildiği gösterilmiştir (Qin ve ark., 2023). Buna karşılık, tümör hücrelerinde NADPH ve GSH düzeylerini azaltarak ferroptozu tetikleyebildiği, ancak bu etkinin kaşeksi gelişimiyle de ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Ferrer ve ark., 2023).

Amino asit metabolizmasının ferroptoz üzerindeki düzenleyici rolü, özellikle kanser hücrelerinin proliferasyonu ve tedavi direnci açısından önem taşımaktadır (Vettore ve ark., 2020). Metiyonin kısıtlamasının metil donörlerinin kullanılabilirliğini azaltarak RNA N6-metiladenozin (m6A) metilasyonunu ve immün kontrol noktası proteinlerinin translasyonunu baskılayabildiği gösterilmiştir (Li ve ark., 2023b). Ayrıca aralıklı metiyonin kısıtlaması, katyon transport regülatör homolog 1 (CHAC1) ekspresyonunu artırarak GSH tükenmesini hızlandırmakta ve tümör hücrelerinin ferroptoza duyarlılığını artırabilmektedir (Xue ve ark., 2023). Metiyonin ve sistin/sistein kısıtlamasının ise nükleer faktör kappa B (NF-κB) sinyalizasyonunu baskılayarak GPX4 ekspresyonunu ve GSH düzeylerini azalttığı, böylece lipid peroksidasyonu ve ferroptotik hücre ölümünü desteklediği bildirilmiştir (Peng ve ark., 2023a). Bu bulgular, belirli amino asitlerin kısıtlanmasının kanser tedavisinde araştırılabilecek potansiyel bir nutrisyonel müdahale olduğunu düşündürmektedir.

Aralıklı açlık ve farklı diyet modelleri de ferroptozun düzenlenmesinde dikkat çekmektedir. Aralıklı açlığın çeşitli nörolojik hastalık modellerinde nöroprotektif etkiler gösterebildiği (Ojha ve ark., 2023; Andika ve ark., 2021) ve travmatik beyin hasarı oluşturulan farelerde GPX4 ekspresyonunu düzenleyerek ferroptozu baskıladığı bildirilmiştir (Yang ve ark., 2023c). Tip 2 diyabetli bireylerde yapılan klinik bir çalışmada ise aralıklı açlık ile erken zaman kısıtlı beslenmenin birlikte uygulanması, HbA1c düzeylerinde ve vücut ağırlığında azalma sağlamıştır (Teong ve ark., 2023). Deneysel çalışmalar, demirden kısıtlı diyetlerin karaciğerde demir birikimini azaltıp GPX4 düzeylerini artırarak ferroptotik hasarı hafifletebileceğini göstermektedir (Gao ve ark., 2022). Bununla birlikte, yüksek yağlı diyetlerin kolit modellerinde SLC7A11/GSH ekseni üzerinden ferroptozu baskılayarak intestinal hasarı azaltabildiği (Zhang ve ark., 2022), ancak aynı mekanizmanın kolitle ilişkili kanser gelişimini kolaylaştırabileceği bildirilmiştir azaltabildiği (Zhang ve ark., 2021). Bu bulgular, beslenmenin ferroptoz üzerindeki etkilerinin hastalığın türüne ve hücresel koşullara bağlı olarak farklılaşabileceğini ortaya koymaktadır.

2.3. Ferroptozu Modüle Eden Besin Ögeleri ve Biyoaktif Bileşenler

Organizmanın normal büyüme, gelişme ve fizyolojik işlevlerini sürdürebilmesi, besin ögelerinin yeterli ve dengeli düzeyde alınmasına bağlıdır. Beslenmenin çeşitli hastalıkların patogenezi ve ilerleyişindeki belirleyici rolünün giderek daha iyi anlaşılması, bireysel gereksinimlere dayalı beslenme stratejilerine yönelik ilgiyi artırmıştır. Son yıllarda elde edilen bilimsel bulgular, belirli besin ögeleri ve biyoaktif bileşenlerin ferroptozla ilişkili moleküler yolakları modüle ederek çeşitli patolojik süreçlerin önlenmesine veya hafifletilmesine katkı sağlayabileceğine işaret etmektedir. Bu doğrultuda, ferroptozun nutrisyonel düzeyde düzenlenmesi, beslenme ile hücresel metabolizma arasındaki etkileşimin anlaşılması ve hastalıklara yönelik yeni destekleyici yaklaşımların geliştirilmesi açısından önemli bir araştırma alanı olarak öne çıkmaktadır.

© 2026 ISARC Academy

2.3.1. Diyet lifleri

Diyet lifleri, ince bağırsakta sindirilmeyen ve emilmeyen, bağırsak mikrobiyotası tarafından kısmen veya tamamen fermente edilerek kısa zincirli yağ asitlerinin üretimine katkı sağlayan bileşenlerdir (Gill ve ark., 2021). Bitkiler, deniz canlıları ve mikroorganizmalardan elde edilen nişasta dışı polisakkaritler, çeşitli biyolojik aktiviteleriyle öne çıkan önemli diyet lifi bileşenleridir (Zang ve ark., 2024; Ma ve ark., 2024). Son yıllarda gerçekleştirilen deneysel çalışmalar, doğal polisakkaritlerin ferroptozu farklı moleküler mekanizmalar üzerinden düzenleyebildiğini göstermektedir. Örneğin, *Anemarrhena asphodeloides* polisakkaritinin SLC7A11 ekspresyonunu artırarak osteoblastlarda ferroptozu baskıladığı ve diyabetik osteoporozla ilişkili hasarı hafiflettiği bildirilmiştir (Lin ve ark., 2023). Benzer şekilde, *Salvia miltiorrhiza* polisakkaritinin NRF2/HO-1 sinyal yolunu aktive ederek oksidatif stresi ve ferroptotik hücre ölümünü azalttığı (Meng ve ark., 2022), *Rosa laevigata* polisakkaritinin ise demir metabolizmasıyla ilişkili transferrin ve STEAP3 ekspresyonunu baskılayarak diyabetik nefropatide koruyucu etkiler gösterdiği belirlenmiştir (Zhang ve ark., 2023a).

Bununla birlikte, bazı doğal polisakkaritlerin kanser hücrelerinde ferroptozu indükleyerek antitümör etki oluşturabildiği gösterilmiştir. *Portulaca oleracea* polisakkaritinin ACSL4 ekspresyonunu artırarak over kanseri hücrelerinde lipid peroksidasyonunu tetiklediği (Xia ve ark., 2024), *Astragalus* polisakkaritinin AMPK/BECN1/SLC7A11 sinyal yolu üzerinden ürotelyal karsinom hücrelerinde ferroptozu desteklediği (Tong ve ark., 2023) ve kırmızı ginseng polisakkaritinin AQP3 ekspresyonunu azaltarak mide kanseri hücrelerinin proliferasyonunu sınırlandırdığı bildirilmiştir (Wang ve ark., 2024a). Deniz kaynaklı polisakkaritlerin de ferroptoz üzerinde düzenleyici etkileri bulunmaktadır. *Aspergillus medius* kaynaklı polisakkaritin makrofajlarda ferroptozla ilişkili immün yanıtları modüle ettiği (Yang ve ark., 2024b), kahverengi alglerden elde edilen fukoidanın ise NRF2/HO-1/GPX4 ve p62/Keap1/NRF2 yolakları aracılığıyla hepatik ferroptozu baskılayarak karaciğer hasarını hafifletebildiği gösterilmiştir (Xue ve ark., 2022). Bu bulgular, doğal polisakkaritlerin ferroptoz üzerindeki etkilerinin hücresel bağlama göre farklılaşabildiğini ortaya koymakla birlikte, biyolojik etkinliklerinin ve klinik uygulanabilirliklerinin açıklığa kavuşturulması için ileri araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

2.3.2. Doymamış yağ asitleri

Doymamış yağ asitleri, çift bağ sayılarına göre tekli doymamış (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) olarak sınıflandırılmakta ve ferroptozun düzenlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Sun ve ark., 2017). Özellikle oleik asit, palmitoleik asit ve trans-vaksenik asit gibi MUFA'ların lipid peroksidasyonunu baskılayarak hücreleri ferroptozdan koruyabildiği gösterilmiştir. Oleik asit, ACSL3 aracılığıyla membran fosfolipitlerine katılarak peroksidasyona duyarlı PUFA içeren fosfolipitlerin oluşumunu azaltmakta ve hücresel lipid kompozisyonunu düzenlemektedir (Magtanong ve ark., 2019). Ayrıca peroksizom proliferatör aktive reseptör alfa (PPARα) sinyal yolunun modülasyonu yoluyla demir yüklenmesine bağlı karaciğer hasarını hafifletebildiği bildirilmiştir (Mann ve ark., 2024). Buna karşılık erusik asidin, STAT3 fosforilasyonunu azaltarak $CD8^+$ T hücrelerinde ferroptozu indüklediği ve gebelikte sistemik lupus eritematozus ile ilişkili inflamatuar yanıtı hafiflettiği gösterilmiştir (Chang ve ark., 2023).

PUFA'ların ferroptoz üzerindeki etkileri ise hücresel koşullara bağlı olarak farklılık göstermektedir. Özellikle α-eleostearik asidin, ACSL1 aracılı lipid metabolizması üzerinden peroksidasyonu artırarak kanser hücrelerinde ferroptozu tetiklediği (Beatty ve ark., 2021), dokozahekzaenoik asit (DHA) bakımından zengin balık yağının GPX4 inhibisyonuyla birlikte tümör dokusunda lipid peroksidasyonunu artırabildiği bildirilmiştir (Shan ve ark., 2022). Benzer şekilde eikosapentaenoik asit (EPA)'nın, DNA-PKcs/AKT/NRF2 sinyal yolunu baskılayarak osteosarkom hücrelerinde sisplatine bağlı ferroptozu güçlendirdiği gösterilmiştir (Zhang ve ark., 2023b). Bununla birlikte, DHA'nın IRF3/SLC7A11/ALOX12 ekseni üzerinden kardiyak mikrovasküler hücrelerde ferroptozu inhibe ettiği (Shi ve ark., 2022), DHA ve EPA'nın ise SIRT3/NRF2 sinyal yolunu aktive ederek hipokampusta demir birikimini ve lipid peroksidasyonunu azalttığı belirlenmiştir (Yang ve ark., 2023d). Bu bulgular, doymamış yağ asitlerinin ferroptoz üzerindeki etkilerinin yağ asidi türüne, hücresel metabolizmaya ve patolojik koşullara bağlı olarak değişebildiğini göstermektedir.

© 2026 ISARC Academy

2.3.3. Vitaminler

Vitaminler, hücresel metabolizmanın ve fizyolojik işlevlerin sürdürülmesinde temel rol oynayan, çoğunlukla diyet yoluyla karşılanan mikro besin ögeleridir (Tong ve ark., 2023). Son yıllarda yapılan çalışmalar, suda ve yağda çözünen çeşitli vitaminlerin ferroptozu farklı moleküler mekanizmalar üzerinden düzenleyebildiğini göstermektedir. Güçlü antioksidan özellikleriyle bilinen C vitamininin, bazı kanser hücrelerinde ferroptozu indükleyerek antitümör etki oluşturabildiği bildirilmiştir (Brabson ve ark., 2023; Saka-Herrán ve ark., 2023). Özellikle NCOA4 ekspresyonunu artırarak hücre içi demir birikimini desteklediği ve tiroid kanser hücrelerinde ferroptozu arttırdığı (Wang ve ark., 2021), AMPK/NRF2/HO-1 sinyal yolu üzerinden demir salınımını ve lipid peroksidasyonunu artırarak pankreas kanseri hücrelerinin ferroptoza duyarlılığını güçlendirdiği gösterilmiştir (Liu ve ark., 2022). C vitamininin oksitlenmiş formu olan dehidroaskorbik asidin de GPX4 düzeylerini ve hücre içi dağılımını etkileyerek ferroptozu destekleyebildiği belirlenmiştir (Ferrada ve ark., 2023). Buna karşılık B12 vitamininin, SREBP1 ile ilişkili mekanizmalar üzerinden lipid peroksidasyonunu baskılayarak deneysel modellerde ferroptotik hasarı azaltabildiği bildirilmiştir (Qin ve ark., 2022). Yağda çözünen vitaminlerden D vitamininin, Klotho/p53/GPX4/SLC7A11 ve ACSL4 yolaklarını düzenleyerek diyabetik böbrek hasarı ve ülseratif kolit modellerinde ferroptozu sınırlandırdığı gösterilmiştir (Chen ve ark., 2024a; Gao ve ark., 2023b). E vitamininin δ-tokotrienol formunun BACH1 ve PI3K/AKT sinyalizasyonu aracılığıyla ferroptozu baskılayarak yara iyileşmesini desteklediği (He ve ark., 2023), K2 vitamininin ise AMPK/SIRT1 yolunu aktive ederek diyabetle ilişkili osteoporozda koruyucu etkiler oluşturduğu bildirilmiştir (Jin ve ark., 2023b). Bu bulgular, vitaminlerin ferroptoz üzerindeki etkilerinin vitamin türüne ve hücresel koşullara bağlı olarak değişebildiğini ve farklı hastalıkların yönetiminde potansiyel nutrisyonel hedefler oluşturabileceğini düşündürmektedir.

2.3.4. Eser elementler

Eser elementler, enzimatik reaksiyonlar, hücresel metabolizma, immün yanıt ve antioksidan savunma mekanizmalarında görev alarak ferroptozun düzenlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Özellikle selenyumun, selenoprotein K ekspresyonunu artırarak endoplazmik retikulum stresini azalttığı ve GPX4 aracılı antioksidan savunmayı destekleyerek ferroptozu baskıladığı gösterilmiştir (Jia ve ark., 2024). Ayrıca selenyumun, sülfür kinon oksidoredüktaz üzerinden ubikinol üretimini artırarak GPX4'ten bağımsız bir mekanizmayla da koruyucu etki gösterebildiği bildirilmiştir (Lee ve ark., 2024). Buna karşılık manganez, galyum ve bakırın çeşitli kanser hücrelerinde ACSL4 ekspresyonunu artırma, glutatyon düzeylerini azaltma veya GPX4 yıkımını hızlandırma gibi mekanizmalarla ferroptotik hücre ölümünü destekleyebildiği belirlenmiştir (Chen ve ark., 2024b; Peng ve ark., 2023b; Xue ve ark., 2023). Benzer şekilde iyodun, aktive B lenfositlerinde ferroptozu indükleyerek alerjik inflamasyonun düzenlenmesinde potansiyel rol oynayabileceği öne sürülmüştür (Nakamura ve ark., 2023). Bu bulgular, eser elementlerin ferroptoz üzerindeki etkilerinin elementin türüne ve hücresel koşullara bağlı olarak farklılaşabildiğini göstermektedir.

2.3.5. Aminoasitler

Amino asitler, protein sentezindeki temel görevlerinin yanı sıra hücresel metabolizma ve redoks homeostazının düzenlenmesinde de önemli rol oynamaktadır. Özellikle glisin, sistein ve glutamat, ferroptozun baskılanmasında kritik öneme sahip GSH sentezinde görev alan temel amino asitlerdir. Bununla birlikte, bazı amino asitlerin GSH sentezinden bağımsız mekanizmalarla da ferroptozu düzenleyebildiği gösterilmiştir. Glisinin, NCOA4 ekspresyonunu azaltarak ferritin yıkımını ve hücre içi demir birikimini sınırlandırdığı, böylece ultraviyole B ışınlarına bağlı lens hasarında ferroptozu baskıladığı bildirilmiştir (Wang ve ark, 2024b). Treonin desteğinin DAF-16 ve HSF-1 aracılığıyla ferritin ekspresyonunu artırarak ferroptotik hasara karşı koruyucu etki gösterdiği (Kim ve ark., 2022), L-sitrülinin ise TfR ve NCOA4 ekspresyonunu baskılayarak demir homeostazını düzenlediği ve intestinal bariyer bütünlüğünü desteklediği belirlenmiştir (Zhao ve ark., 2024). Ayrıca glutaminin, NRF2 düzeylerini artırarak lipid peroksidasyonunu ve ferroptotik hücre ölümünü azaltabildiği

© 2026 ISARC Academy

gösterilmiştir (Wu ve ark., 2024). Bu bulgular, amino asitlerin ferroptoz üzerindeki etkilerinin yalnızca GSH senteziyle sınırlı olmadığını; demir metabolizması ve antioksidan savunma yolaklarının düzenlenmesi yoluyla da gerçekleşebildiğini ortaya koymaktadır.

3. SONUÇ

Sonuç olarak, ferroptozun beslenme ve hücresel metabolizma ile yakından ilişkili, çok sayıda moleküler yolak tarafından düzenlenen dinamik bir hücre ölümü mekanizması olduğu anlaşılmaktadır. Demir homeostazı, lipid peroksidasyonu, amino asit metabolizması ve hücresel antioksidan savunma sistemleri arasındaki etkileşimler, ferroptotik duyarlılığın belirlenmesinde temel rol oynamaktadır. Güncel araştırmalar; diyet lifleri, doymamış yağ asitleri, vitaminler, eser elementler, amino asitler ve çeşitli biyoaktif bileşenlerin özellikle SLC7A11/GSH/GPX4, NRF2 ve FSP1/CoQ10 gibi moleküler yolaklar üzerinden ferroptozu modüle edebildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, söz konusu beslenme bileşenlerinin etkileri hücre tipine, metabolik koşullara ve hastalığın patofizyolojisine bağlı olarak farklılaşabilmektedir. Özellikle ferroptozun baskılanması inflamatuar ve dejeneratif hastalıklarda hücresel hasarın sınırlandırılması açısından önem taşırken, kanser hücrelerinde ferroptozun uyarılması potansiyel bir antitümör strateji olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca ketojenik diyet, belirli amino asitlerin kısıtlanması ve aralıklı açlık gibi beslenme yaklaşımlarının ferroptotik süreçleri etkileyebilmesi, diyetin hücresel kader üzerindeki düzenleyici rolünü desteklemektedir. Ancak mevcut bulguların büyük ölçüde hücre kültürü ve deneysel hayvan çalışmalarına dayanması, bu yaklaşımların klinik uygulamalara aktarılmasının gerekliliğini göstermektedir. Gelecekte beslenme bileşenleri ile ferroptoz arasındaki moleküler ilişkilerin daha kapsamlı biçimde aydınlatılması ve klinik çalışmalarla desteklenmesi, ferroptozu hedefleyen bireyselleştirilmiş beslenme stratejilerinin geliştirilmesine ve kronik hastalıkların önlenmesi ile yönetiminde yeni yaklaşımların ortaya konulmasına katkı sağlayabilir.

KAYNAKÇA

Andika, F. R., Yoon, J. H., Kim, G. S., & Jeong, Y. (2021). Intermittent fasting alleviates cognitive impairments and hippocampal neuronal loss but enhances astrocytosis in mice with subcortical vascular dementia. The Journal of Nutrition, 151(3), 722-730.

Beatty, A., Singh, T., Tyurina, Y. Y., Tyurin, V. A., Samovich, S., Nicolas, E., ... & Peterson, J. R. (2021). Ferroptotic cell death triggered by conjugated linolenic acids is mediated by ACSL1. Nature communications, 12(1), 2244.

Bock, M., Steffen, F., Zipp, F., & Bittner, S. (2021). Impact of dietary intervention on serum neurofilament light chain in multiple sclerosis. Neurology: Neuroimmunology & Neuroinflammation, 9(1), e1102.

Bomford, A. B., & Munro, H. N. (1985). Transferrin and its receptor: their roles in cell function. Hepatology, 5(5), 870-875.

Brabson, J. P., Leesang, T., Yap, Y. S., Wang, J., Lam, M. Q., Fang, B., ... & Cimmino, L. (2023). Oxidized mC modulates synthetic lethality to PARP inhibitors for the treatment of leukemia. Cell reports, 42(1).

Cao, Z., Liu, X., Zhang, W., Zhang, K., Pan, L., Zhu, M., ... & Gu, J. (2023). Biomimetic macrophage membrane-camouflaged nanoparticles induce ferroptosis by promoting mitochondrial damage in glioblastoma. Acs Nano, 17(23), 23746.

Chang, Y., Jiang, M., Wang, Y., Fu, Q., Lin, S., Wu, J., & Di, W. (2023). Erucic acid improves the progress of pregnancy complicated with systemic lupus erythematosus by inhibiting the effector function of CD8+ T cells. MedComm, 4(5), e382.

Chen, H., Cui, H., Liu, W., Li, B. W., Tian, Z., Zhao, Y. Y., & Yu, G. T. (2024b). Manganese drives ferroptosis of cancer cells via YAP/TAZ phase separation activated ACSL4 in OSCC. Oral Diseases, 30(8), 4898-4908.

© 2026 ISARC Academy

Chen, H., Zhang, Y., Miao, Y., Song, H., Tang, L., Liu, W., ... & Li, X. (2024a). Vitamin D inhibits ferroptosis and mitigates the kidney injury of prediabetic mice by activating the Klotho/p53 signaling pathway. Apoptosis, 29(9), 1780-1792.

Cheng, H., Wang, P., Wang, N., Dong, W., Chen, Z., Wu, M., ... & Zhao, R. (2023). Neuroprotection of NRF2 against ferroptosis after traumatic brain injury in mice. Antioxidants, 12(3), 731.

Conrad, M., & Pratt, D. A. (2019). The chemical basis of ferroptosis. Nature chemical biology, 15(12), 1137-1147.

Cui, J., Wang, Y., Tian, X., Miao, Y., Ma, L., Zhang, C., ... & Zhang, X. (2023). LPCAT3 is transcriptionally regulated by YAP/ZEB/EP300 and collaborates with ACSL4 and YAP to determine ferroptosis sensitivity. Antioxidants & redox signaling, 39(7-9), 491-511.

de Araújo Fagundes, M., Carnauba, R. A., Fernandes, G. A., de Assumpção, P. P., & Curado, M. P. (2024). Polyphenol intake and gastric cancer: A case-control study in the Brazilian Amazon region. Cancer epidemiology, 88, 102518.

Dixon, S. J., & Pratt, D. A. (2023). Ferroptosis: A flexible constellation of related biochemical mechanisms. Molecular Cell, 83(7), 1030-1042.

Dmitrieva-Posocco, O., Wong, A. C., Lundgren, P., Golos, A. M., Descamps, H. C., Dohnalová, L., ... & Levy, M. (2022). β-Hydroxybutyrate suppresses colorectal cancer. Nature, 605(7908), 160-165.

Doll, S., Proneth, B., Tyurina, Y. Y., Panzilius, E., Kobayashi, S., Ingold, I., ... & Conrad, M. (2017). ACSL4 dictates ferroptosis sensitivity by shaping cellular lipid composition. Nature chemical biology, 13(1), 91-98.

Ferrada, L., Barahona, M. J., Vera, M., Stockwell, B. R., & Nualart, F. (2023). Dehydroascorbic acid sensitizes cancer cells to system xc-inhibition-induced ferroptosis by promoting lipid droplet peroxidation. Cell death & disease, 14(9), 637.

Ferrer, M., Mourikis, N., Davidson, E. E., Kleeman, S. O., Zaccaria, M., Habel, J., ... & Janowitz, T. (2023). Ketogenic diet promotes tumor ferroptosis but induces relative corticosterone deficiency that accelerates cachexia. Cell Metabolism, 35(7), 1147-1162.

Fujihara, K. M., Zhang, B. Z., Jackson, T. D., Ogunkola, M. O., Nijagal, B., Milne, J. V., ... & Clemons, N. J. (2022). Eprenetapopt triggers ferroptosis, inhibits NFS1 cysteine desulfurase, and synergizes with serine and glycine dietary restriction. Science advances, 8(37), eabm9427.

Gao, L., Zhang, J., Yang, T., Jiang, L., Liu, X., Wang, S., ... & Wu, Y. (2023a). STING/ACSL4 axis-dependent ferroptosis and inflammation promote hypertension-associated chronic kidney disease. Molecular Therapy, 31(10), 3084-3103.

Gao, S., Sun, C., & Kong, J. (2023b). Vitamin D attenuates ulcerative colitis by inhibiting ACSL4-mediated ferroptosis. Nutrients, 15(22), 4845.

Gao, Z., Wang, D., Zhang, H., Yang, J., Li, M., Lu, H., ... & Tang, Y. (2022). An iron-deficient diet prevents alcohol-or diethylnitrosamine-induced acute hepatotoxicity in mice by inhibiting ferroptosis. Current Research in Food Science, 5, 2171-2177.

Gill, S. K., Rossi, M., Bajka, B., & Whelan, K. (2021). Dietary fibre in gastrointestinal health and disease. Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology, 18(2), 101-116.

Giménez-Palomo, A., Gomes-da-Costa, S., Borràs, R., Pons-Cabrera, M. T., Doncel-Moriano, A., Arbelo, N., ... & Vieta, E. (2023). Effects of malnutrition on length of stay in patients hospitalized in an acute psychiatric ward. Acta Psychiatrica Scandinavica, 148(4), 316-326.

He, X., Wang, D., Yi, Y., Tan, Y., Wu, M., Wang, H., ... & Wu, Y. (2023). δ-Tocotrienol preconditioning improves the capability of bone marrow-derived mesenchymal stem cells in promoting wound healing by inhibiting BACH1-related ferroptosis. Cell death discovery, 9(1), 349.

© 2026 ISARC Academy

Huang, P., Duan, W., Ruan, C., Wang, L., Hosea, R., Wu, Z., ... & Kasim, V. (2023). NeuroD1-GPX4 signaling leads to ferroptosis resistance in hepatocellular carcinoma. PLoS Genetics, 19(12), e1011098.

Jia, C., Xiang, Z., Zhang, P., Liu, L., Zhu, X., Yu, R., ... & Li, Y. (2024). Selenium-SelK-GPX4 axis protects nucleus pulposus cells against mechanical overloading-induced ferroptosis and attenuates senescence of intervertebral disc: C. Jia et al. Cellular and Molecular Life Sciences, 81(1), 49.

Jin, C., Tan, K., Yao, Z., Lin, B. H., Zhang, D. P., Chen, W. K., ... & Yang, L. (2023b). A novel anti-osteoporosis mechanism of VK2: interfering with ferroptosis via AMPK/SIRT1 pathway in type 2 diabetic osteoporosis. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 71(6), 2745-2761.

Jin, Z., Yang, Y., Cao, Y., Wen, Q., Xi, Y., Cheng, J., ... & Zhang, Z. (2023a). The gut metabolite 3-hydroxyphenylacetic acid rejuvenates spermatogenic dysfunction in aged mice through GPX4-mediated ferroptosis. Microbiome, 11(1), 212.

Kim, J., Jo, Y., Cho, D., & Ryu, D. (2022). L-threonine promotes healthspan by expediting ferritin-dependent ferroptosis inhibition in C. elegans. Nature Communications, 13(1), 6554.

Lee, N., Park, S. J., Lange, M., Tseyang, T., Doshi, M. B., Kim, T. Y., ... & Kim, D. (2024). Selenium reduction of ubiquinone via SQOR suppresses ferroptosis. Nature metabolism, 6(2), 343-358.

Li, J., Liu, J., Zhou, Z., Wu, R., Chen, X., Yu, C., ... & Tang, D. (2023a). Tumor-specific GPX4 degradation enhances ferroptosis-initiated antitumor immune response in mouse models of pancreatic cancer. Science Translational Medicine, 15(720), eadg3049.

Li, T., Tan, Y. T., Chen, Y. X., Zheng, X. J., Wang, W., Liao, K., ... & Ju, H. Q. (2023b). Methionine deficiency facilitates antitumour immunity by altering m6A methylation of immune checkpoint transcripts. Gut, 72(3), 501-511.

Li, X. N., Shang, N. Y., Kang, Y. Y., Sheng, N., Lan, J. Q., Tang, J. S., ... & Peng, Y. (2024). Caffeic acid alleviates cerebral ischemic injury in rats by resisting ferroptosis via Nrf2 signaling pathway. Acta Pharmacologica Sinica, 45(2), 248-267.

Liang, D., Feng, Y., Zandkarimi, F., Wang, H., Zhang, Z., Kim, J., ... & Jiang, X. (2023). Ferroptosis surveillance independent of GPX4 and differentially regulated by sex hormones. Cell, 186(13), 2748-2764.

Lin, B., Deng, X., Xu, P., Ye, Q., Zhao, G., Ye, M., & Wang, N. (2023). Structural characterization and anti-osteoporosis effect of an arabinomannan from Anemarrhena asphodeloides Bge. International Journal of Biological Macromolecules, 231, 123324.

Lin, X., Zhang, Q., Li, Q., Deng, J., Shen, S., Tang, M., ... & Hu, J. (2024). Upregulation of CoQ shifts ferroptosis dependence from GPX4 to FSP1 in acquired radioresistance. Drug Resistance Updates, 73, 101032.

Liu, J., Zhan, J., Zhang, Y., Huang, L., Yang, J., Feng, J., ... & Chen, X. (2024). Ultrathin clay nanoparticles-mediated mutual reinforcement of ferroptosis and cancer immunotherapy. Advanced Materials, 36(9), 2309562.

Liu, Y., Huang, P., Li, Z., Xu, C., Wang, H., Jia, B., ... & Xu, M. (2022). Vitamin C sensitizes pancreatic cancer cells to erastin-induced ferroptosis by activating the AMPK/Nrf2/HMOX1 pathway. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2022(1), 5361241.

Ma, Y., Xie, H., Xu, N., Li, M., Wang, L., Ge, H., ... & Wang, H. (2024). Large yellow tea polysaccharide alleviates HFD-induced intestinal homeostasis dysbiosis via modulating gut barrier integrity, immune responses, and the gut microbiome. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 72(13), 7230-7243.

Magtanong, L., Ko, P. J., To, M., Cao, J. Y., Forcina, G. C., Tarangelo, A., ... & Dixon, S. J. (2019). Exogenous monounsaturated fatty acids promote a ferroptosis-resistant cell state. Cell chemical biology, 26(3), 420-432.

© 2026 ISARC Academy

Mann, J., Reznik, E., Santer, M., Fongheiser, M. A., Smith, N., Hirschhorn, T., ... & Stockwell, B. R. (2024). Ferroptosis inhibition by oleic acid mitigates iron-overload-induced injury. Cell chemical biology, 31(2), 249-264.

Meng, H., Wu, J., Shen, L., Chen, G., Jin, L., Yan, M., ... & He, Y. (2022). Microwave assisted extraction, characterization of a polysaccharide from Salvia miltiorrhiza Bunge and its antioxidant effects via ferroptosis-mediated activation of the Nrf2/HO-1 pathway. International journal of biological macromolecules, 215, 398-412.

Menon, A. V., Liu, J., Tsai, H. P., Zeng, L., Yang, S., Asnani, A., & Kim, J. (2022). Excess heme upregulates heme oxygenase 1 and promotes cardiac ferroptosis in mice with sickle cell disease. Blood, The Journal of the American Society of Hematology, 139(6), 936-941.

Nakamura, Y., Fuse, Y., Komiyama, S., Nagatake, T., Kunisawa, J., & Hase, K. (2023). Dietary iodine attenuates allergic rhinitis by inducing ferroptosis in activated B cells. Scientific reports, 13(1), 5398.

Natraj, P., Rajan, P., Jeon, Y. A., Kim, S. S., & Lee, Y. J. (2023). Antiadipogenic effect of citrus flavonoids: evidence from RNA sequencing analysis and activation of AMPK in 3T3-L1 adipocytes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 71(46), 17788-17800.

Ojha, U., Khanal, S., Park, P. H., Hong, J. T., & Choi, D. Y. (2023). Intermittent fasting protects the nigral dopaminergic neurons from MPTP-mediated dopaminergic neuronal injury in mice. The Journal of nutritional biochemistry, 112, 109212.

Palomar-Cros, A., Andreeva, V. A., Fezeu, L. K., Julia, C., Bellicha, A., Kesse-Guyot, E., ... & Srour, B. (2023). Dietary circadian rhythms and cardiovascular disease risk in the prospective NutriNet-Santé cohort. Nature Communications, 14(1), 7899.

Peng, H., Yan, Y., He, M., Li, J., Wang, L., Jia, W., ... & Pang, L. (2023a). SLC43A2 and NFκB signaling pathway regulate methionine/cystine restriction-induced ferroptosis in esophageal squamous cell carcinoma via a feedback loop. Cell death & disease, 14(6), 347.

Peng, X. X., Zhang, H., Zhang, R., Li, Z. H., Yang, Z. S., Zhang, J., ... & Zhang, J. L. (2023b). Gallium triggers ferroptosis through a synergistic mechanism. Angewandte Chemie, 135(36), e202307838.

Phillips, M. C., Deprez, L. M., Mortimer, G. M., Murtagh, D. K., McCoy, S., Mylchreest, R., ... & Schepel, J. A. (2021). Randomized crossover trial of a modified ketogenic diet in Alzheimer's disease. Alzheimer's research & therapy, 13(1), 51.

Poursalehi, D., Bahrami, G., Mirzaei, S., Asadi, A., Akhlaghi, M., & Saneei, P. (2024). Association between alternative healthy eating index (AHEI) with metabolic health status in adolescents with overweight and obesity. BMC public health, 24(1), 42.

Qin, S., Wang, Y., Li, L., Liu, J., Xiao, C., Duan, D., ... & Wu, L. (2022). Early-life vitamin B12 orchestrates lipid peroxidation to ensure reproductive success via SBP-1/SREBP1 in Caenorhabditis elegans. Cell Reports, 40(12).

Qin, Y., Bai, D., Tang, M., Zhang, M., Zhao, L., Li, J., ... & Jiang, G. (2023). Ketogenic diet alleviates brain iron deposition and cognitive dysfunction via Nrf2-mediated ferroptosis pathway in APP/PS1 mouse. Brain Research, 1812, 148404.

Reed, A., Ichu, T. A., Milosevich, N., Melillo, B., Schafroth, M. A., Otsuka, Y., ... & Cravatt, B. F. (2022). LPCAT3 inhibitors remodel the polyunsaturated phospholipid content of human cells and protect from ferroptosis. ACS Chemical Biology, 17(6), 1607-1618.

Saka-Herrán, C., Pereira-Riveros, T., Jané-Salas, E., & López-López, J. (2023). Association between the mediterranean diet and vitamin C and the risk of head and neck cancer. Nutrients, 15(13), 2846.

Shan, K., Feng, N., Zhu, D., Qu, H., Fu, G., Li, J., ... & Chen, Y. Q. (2022). Free docosahexaenoic acid promotes ferroptotic cell death via lipoxygenase dependent and independent pathways in cancer cells. European journal of nutrition, 61(8), 4059-4075.

© 2026 ISARC Academy

Shi, P., Song, C., Qi, H., Ren, J., Ren, P., Wu, J., ... & Cao, Y. (2022). Up-regulation of IRF3 is required for docosahexaenoic acid suppressing ferroptosis of cardiac microvascular endothelial cells in cardiac hypertrophy rat. The Journal of Nutritional Biochemistry, 104, 108972.

Singh, P., Kaur, L., Ghose, S., Varshney, S., Jyothi, V., Ghosh, S., ... & Sengupta, S. (2023). Maternal-periconceptional vitamin B12 deficiency in Wistar rats leads to sex-specific programming for cardiometabolic disease risk in the next generation. The Journal of Nutrition, 153(12), 3382-3396.

Sun, B., Luo, C., Cui, W., Sun, J., & He, Z. (2017). Chemotherapy agent-unsaturated fatty acid prodrugs and prodrug-nanoplatforms for cancer chemotherapy. Journal of Controlled Release, 264, 145-159.

Sun, R., Lin, Z., Wang, X., Liu, L., Huo, M., Zhang, R., ... & Chen, J. (2022). AADAC protects colorectal cancer liver colonization from ferroptosis through SLC7A11-dependent inhibition of lipid peroxidation. Journal of Experimental & Clinical Cancer Research, 41(1), 284.

Teong, X. T., Liu, K., Vincent, A. D., Bensalem, J., Liu, B., Hattersley, K. J., ... & Heilbronn, L. K. (2023). Intermittent fasting plus early time-restricted eating versus calorie restriction and standard care in adults at risk of type 2 diabetes: a randomized controlled trial. Nature medicine, 29(4), 963-972.

Tong, G., Wang, X., Chen, S., & Jin, Y. (2023). Astragalus polysaccharide inhibits the development of urothelial carcinoma by activating AMPK signaling to induce BENC1-xCT complex formation. Aging (Albany NY), 15(18), 9438.

Tong, W. W., Tong, G. H., Yang, M. H., & Qin, X. S. (2022). Age and seasonal variation and establishment of reference intervals for water-soluble vitamins determined by liquid chromatography tandem mass spectrometry. Nutrition, 95, 111490.

Vettore, L., Westbrook, R. L., & Tennant, D. A. (2020). New aspects of amino acid metabolism in cancer: Cancer Metabolism. British journal of cancer, 122(2), 150-156.

Wang, L., Liu, J., Ma, D., Zhi, X., Li, L., Li, S., ... & Qin, Y. (2024b). Glycine recalibrates iron homeostasis of lens epithelial cells by blocking lysosome-dependent ferritin degradation. Free Radical Biology and Medicine, 210, 258-270.

Wang, X., Xu, S., Zhang, L., Cheng, X., Yu, H., Bao, J., & Lu, R. (2021). Vitamin C induces ferroptosis in anaplastic thyroid cancer cells by ferritinophagy activation. Biochemical and biophysical research communications, 551, 46-53.

Wang, X., Yang, Y., Xiao, A., Zhang, N., Miao, M., Wang, Z., ... & Wen, M. (2022). A comparative study of the effect of a gentle ketogenic diet containing medium-chain or long-chain triglycerides on chronic sleep deprivation-induced cognitive deficiency. Food & function, 13(4), 2283-2294.

Wang, Y. F., Feng, J. Y., Zhao, L. N., Zhao, M., Wei, X. F., Geng, Y., ... & Zhang, X. D. (2023a). Aspirin triggers ferroptosis in hepatocellular carcinoma cells through restricting NF-κB p65-activated SLC7A11 transcription. Acta Pharmacologica Sinica, 44(8), 1712-1724.

Wang, Y., Guan, W. X., Zhou, Y., Zhang, X. Y., & Zhao, H. J. (2024a). Red ginseng polysaccharide promotes ferroptosis in gastric cancer cells by inhibiting PI3K/Akt pathway through down-regulation of AQP3. Cancer biology & therapy, 25(1), 2284849.

Wang, Y., Hu, J., Wu, S., Fleishman, J. S., Li, Y., Xu, Y., ... & Wang, H. (2023b). Targeting epigenetic and posttranslational modifications regulating ferroptosis for the treatment of diseases. Signal transduction and targeted therapy, 8(1), 449.

Wu, H., Liu, Q., Shan, X., Gao, W., & Chen, Q. (2023). ATM orchestrates ferritinophagy and ferroptosis by phosphorylating NCOA4. Autophagy, 19(7), 2062-2077.

Wu, J., Han, W., Zhang, Y., Li, S., Qin, T., Huang, Z., ... & Ye, W. (2024). Glutamine mitigates oxidative stress-induced matrix degradation, ferroptosis, and pyroptosis in nucleus pulposus cells via deubiquitinating and stabilizing Nrf2. Antioxidants & redox signaling, 41(4-6), 278-295.

© 2026 ISARC Academy

Xia, L., Yang, M., & Liu, Y. (2024). Portulaca oleracea L. polysaccharide inhibits ovarian cancer via inducing ACSL4-dependent ferroptosis. Aging (Albany NY), 16(6), 5108.

Xiang, P., Chen, Q., Chen, L., Lei, J., Yuan, Z., Hu, H., ... & Ma, L. (2023). Metabolite Neu5Ac triggers SLC3A2 degradation promoting vascular endothelial ferroptosis and aggravates atherosclerosis progression in ApoE-/-mice. Theranostics, 13(14), 4993.

Xue, M., Tian, Y., Sui, Y., Zhao, H., Gao, H., Liang, H., ... & Qin, Y. (2022). Protective effect of fucoidan against iron overload and ferroptosis-induced liver injury in rats exposed to alcohol. Biomedicine & Pharmacotherapy, 153, 113402.

Xue, Q., Yan, D., Chen, X., Li, X., Kang, R., Klionsky, D. J., ... & Liu, J. (2023). Copper-dependent autophagic degradation of GPX4 drives ferroptosis. Autophagy, 19(7), 1982-1996.

Xue, Y., Lu, F., Chang, Z., Li, J., Gao, Y., Zhou, J., ... & Wang, W. (2023). Intermittent dietary methionine deprivation facilitates tumoral ferroptosis and synergizes with checkpoint blockade. Nature communications, 14(1), 4758.

Yang, J., Liu, J., Kuang, W., Lin, Y., Zhong, S., Kraithong, S., ... & Huang, R. (2024b). Structural characterization and ferroptosis-related immunomodulatory of a novel exopolysaccharide isolated from marine fungus Aspergillus medius. International Journal of Biological Macromolecules, 265, 130703.

Yang, Q., Li, M., Liu, J., Zhang, L., Yuan, R., Xu, Y., ... & Liang, W. (2023c). Intermittent fasting ameliorates neuronal ferroptosis and cognitive impairment in mice after traumatic brain injury. Nutrition, 109, 111992.

Yang, R., Lin, J., Yang, H., Dunk, M. M., Wang, J., Xu, W., & Wang, Y. (2023a). A low-inflammatory diet is associated with a lower incidence of diabetes: role of diabetes-related genetic risk. BMC medicine, 21(1), 483.

Yang, X., Li, G., Lou, P., Zhang, M., Yao, K., Xiao, J., ... & Lv, C. (2024a). Excessive nucleic acid R-loops induce mitochondria-dependent epithelial cell necroptosis and drive spontaneous intestinal inflammation. Proceedings of the National Academy of Sciences, 121(1), e2307395120.

Yang, X., Wang, Z., Zandkarimi, F., Liu, Y., Duan, S., Li, Z., ... & Gu, W. (2023b). Regulation of VKORC1L1 is critical for p53-mediated tumor suppression through vitamin K metabolism. Cell metabolism, 35(8), 1474-1490.

Yang, Y., Wang, X., Chen, L., Wang, S., Han, J., Wang, Z., & Wen, M. (2023d). A compared study of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in improving seizure-induced cognitive deficiency in a pentylenetetrazol-kindling young mice model. Marine drugs, 21(9), 464.

Ye, Y., Chen, A., Li, L., Liang, Q., Wang, S., Dong, Q., ... & Yan, J. (2022). Repression of the antiporter SLC7A11/glutathione/glutathione peroxidase 4 axis drives ferroptosis of vascular smooth muscle cells to facilitate vascular calcification. Kidney international, 102(6), 1259-1275.

Yu, D., Guo, M., Tan, M., & Su, W. (2024). Lipid-Lowering and Antioxidant Effects of Self-Assembled Astaxanthin–Anthocyanin Nanoparticles on High-Fat Caenorhabditis elegans. Foods, 13(4), 514.

Zandman-Goddard, G., & Shoenfeld, Y. (2007). Ferritin in autoimmune diseases. Autoimmunity reviews, 6(7), 457-463.

Zang, Y., Ge, Y., Cao, Y., & Tang, H. (2024). Anti-diabetic effect of red quinoa polysaccharide on type 2 diabetic mellitus mice induced by streptozotocin and high-fat diet. Frontiers in microbiology, 15, 1308866.

Zhang, T., Sun, W., Wang, L., Zhang, H., Wang, Y., Pan, B., ... & Lv, S. (2023a). Rosa laevigata Michx. polysaccharide ameliorates diabetic nephropathy in mice through inhibiting ferroptosis and PI3K/AKT pathway-mediated apoptosis and modulating tryptophan metabolism. Journal of Diabetes Research, 2023(1), 9164883.

© 2026 ISARC Academy

Zhang, X., Li, W., Ma, Y., Zhao, X., He, L., Sun, P., & Wang, H. (2021). High-fat diet aggravates colitis-associated carcinogenesis by evading ferroptosis in the ER stress-mediated pathway. Free Radical Biology and Medicine, 177, 156-166.

Zhang, X., Ma, Y., Ji, J., Zhao, X., Yuan, J., Wang, H., & Lv, G. (2022). High-fat diet alleviates colitis by inhibiting ferroptosis via solute carrier family seven member 11. The Journal of Nutritional Biochemistry, 109, 109106.

Zhang, Y., Shen, G., Meng, T., Lv, Z., Li, X., Li, J., & Li, K. (2023b). Eicosapentaenoic acid enhances the sensitivity of osteosarcoma to cisplatin by inducing ferroptosis through the DNA-PKcs/AKT/NRF2 pathway and reducing PD-L1 expression to attenuate immune evasion. International immunopharmacology, 125, 111181.

Zhao, D., Gao, Y., Chen, Y., Zhang, Y., Deng, Y., Niu, S., & Dai, H. (2024). L-Citrulline Ameliorates Iron Metabolism and Mitochondrial Quality Control via Activating AMPK Pathway in Intestine and Improves Microbiota in Mice With Iron Overload. Molecular Nutrition & Food Research, 68(6), 2300723.

© 2026 ISARC Academy

GLP-1 RESEPTÖR AGONİSTİ TEDAVİSİNDE HASSAS BESLENME: METABOLİK ADAPTASYONLAR, BİYOKİMYASAL BELİRTEÇLER VE KLİNİK SONUÇLAR

Doç. Dr. Ezgi KAR

Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 43020 Zafertepe, Kütahya

ORCID ID: 0000-0003-2134-4067

ÖZET

Glukagon benzeri peptid-1 reseptör agonistleri (GLP-1 RA), obezite ve tip 2 diyabet tedavisinde belirgin kilo kaybı, glisemik kontrol ve kardiyometabolik iyileşme sağlayan önemli farmakolojik ajanlardır. Bununla birlikte, gastrointestinal yan etkiler, bireyler arası tedavi yanıtındaki farklılıklar, yetersiz besin ögesi alımı ve yağsız vücut kütlesindeki azalma, uzun dönem tedavi başarısını sınırlayabilmektedir. Bu derlemede, GLP-1 RA tedavisinin hassas beslenme yaklaşımlarıyla bütünleştirilmesinin metabolik ve klinik sonuçlar üzerindeki potansiyel etkileri değerlendirilmiştir. Güncel literatür; yeterli protein alımı, diyet lifi, omega-3 yağ asitleri, probiyotik ve prebiyotikler ile bazı biyoaktif bileşenlerin kas kütlesinin korunması, gastrointestinal toleransın artırılması, inflamasyonun azaltılması ve metabolik kontrolün desteklenmesinde yararlı olabileceğini göstermektedir. Ayrıca mikrobiyota, metabolik fenotip, vücut kompozisyonu ve biyobelirteçlerin değerlendirilmesi, beslenme müdahalelerinin bireyselleştirilmesine olanak sağlayabilir. Bununla birlikte, GLP-1 RA tedavisiyle doğrudan entegre edilmiş hassas beslenme protokollerini değerlendiren prospektif çalışmalar sınırlıdır. Sonuç olarak, bireyselleştirilmiş beslenme desteği GLP-1 temelli tedavilerin etkinlik, tolerabilite ve sürdürülebilirliğini artırabilecek tamamlayıcı bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

Anahtar kelimeler: GLP-1 reseptör agonistleri, hassas beslenme, obezite, mikrobiyota, vücut kompozisyonu

PRECISION NUTRITION IN GLP-1 RECEPTOR AGONIST THERAPY: METABOLIC ADAPTATIONS, BIOCHEMICAL BIOMARKERS, AND CLINICAL OUTCOMES

ABSTRACT

Glucagon-like peptide-1 receptor agonists (GLP-1 RAs) are important pharmacological agents that promote significant weight loss, glycemic control, and cardiometabolic improvement in the treatment of obesity and type 2 diabetes. However, gastrointestinal side effects, interindividual differences in treatment response, inadequate nutrient intake, and a decrease in lean body mass may limit long-term treatment success. This review evaluates the potential effects of integrating GLP-1 RA therapy with tailored nutritional approaches on metabolic and clinical outcomes. Current literature suggests that adequate protein intake, dietary fiber, omega-3 fatty acids, probiotics, prebiotics, and certain bioactive compounds may be beneficial in preserving muscle mass, improving gastrointestinal tolerance, reducing inflammation, and supporting metabolic control. Furthermore, the assessment of the microbiota, metabolic phenotype, body composition, and biomarkers may enable the individualization of nutritional interventions. However, prospective studies evaluating precise nutritional protocols directly integrated with GLP-1 RA therapy are limited. In conclusion, personalized nutritional support can be considered a complementary approach that may enhance the efficacy, tolerability, and sustainability of GLP-1-based therapies.

Keywords: GLP-1 receptor agonists, precision nutrition, obesity, microbiota, body composition

1. GİRİŞ

© 2026 ISARC Academy

Obezite ve tip 2 diyabet (T2DM), kardiyovasküler risk artışı, kronik düşük dereceli inflamasyon, metabolik bozukluklar ve yaşam süresinde azalma ile ilişkili başlıca küresel sağlık sorunları arasında yer almaktadır. Son yıllarda obezite prevalansındaki belirgin artış; insülin direnci, metabolik sendrom, kardiyovasküler hastalıklar, kronik böbrek hastalığı ve metabolik disfonksiyonla ilişkili steatozik karaciğer hastalığı (MASLD) gibi birçok kronik tablonun görülme sıklığını ve hastalık yükünü artırmıştır. Dünya Sağlık Örgütü verileri, 1975 yılından bu yana küresel obezite oranlarının yaklaşık üç kat arttığını ve günümüzde bir milyardan fazla bireyin obezite ile yaşadığını göstermektedir (WHO, 2025). Obezitenin yalnızca yaşam tarzı ile ilişkili bir durum değil, uzun süreli ve multidisipliner yaklaşım gerektiren kronik ve tekrarlayıcı bir hastalık olarak değerlendirilmesi, mevcut tedavi yaklaşımlarının da yeniden şekillenmesine yol açmıştır. Bu nedenle, sürdürülebilir metabolik iyileşmenin sağlanabilmesi için farmakolojik tedavilerin beslenme ve diğer yaşam tarzı müdahaleleriyle bütünleştirilmesi giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Rubino ve ark., 2020).

Bu çerçevede, glukagon benzeri peptid-1 reseptör agonistleri (GLP-1 RA'ları), obezite ve tip 2 diyabetin farmakolojik tedavisinde son yılların en dikkat çekici gelişmelerinden biri haline gelmiştir. Bu ajanlar; glukoza bağımlı insülin sekresyonunu artırmaları, glukagon salınımını azaltmaları, gastrik boşalmayı yavaşlatmaları ve merkezi sinir sistemindeki iştah ile tokluk mekanizmalarını modüle etmeleri sayesinde hem glisemik kontrolün iyileştirilmesine hem de vücut ağırlığının azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Nauck ve Meier, 2018). Bununla birlikte, GLP-1 RA'larının etkileri yalnızca glukoz metabolizması ve kilo kontrolü ile sınırlı değildir. Kardiyovasküler ve renal sistemler üzerinde bildirilen ek yararlar, bu ajanların kardiyometabolik hastalıkların yönetimindeki klinik önemini artırmış ve kullanım alanlarının giderek genişlemesine zemin hazırlamıştır (Caruso ve ark., 2024).

GLP-1 reseptör agonistlerinin klinik kullanım alanı giderek genişlemektedir. Güncel klinik çalışmalar, bu ajanların yalnızca obezite ve tip 2 diyabet yönetiminde değil; ejeksiyon fraksiyonu korunmuş kalp yetmezliği, kronik böbrek hastalığı ve metabolik disfonksiyonla ilişkili steatozik karaciğer hastalığı gibi obeziteyle ilişkili komorbiditelerde de olumlu klinik sonuçlar sağlayabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, GLP-1 RA'larının kardiyometabolik hastalıkların bütüncül yönetimindeki potansiyel rolünü daha da güçlendirmektedir (Caruso ve ark., 2024).

Bu önemli terapötik kazanımlara karşın, GLP-1 RA tedavisinin gerçek yaşam koşullarındaki etkinliğini sınırlayan bazı klinik sorunlar devam etmektedir. Hastaların tedaviye verdiği yanıtlar arasında belirgin bireysel farklılıklar bulunmakta; bazı bireylerde güçlü metabolik iyileşmeler ve anlamlı kilo kaybı sağlanırken, bazı hastalarda daha sınırlı yanıt ya da tedavinin tolere edilmesinde güçlük görülebilmektedir (Acosta ve ark., 2017). Özellikle bulantı, kusma, kabızlık, ishal ve gastrik boşalmanın gecikmesi gibi gastrointestinal yan etkiler, tedavi uyumunu azaltan ve tedavinin sonlandırılmasına yol açabilen başlıca faktörler arasındadır. Bu etkilerin dozla ilişkili olarak şiddetlenebilmesi, uzun dönem tedavi devamlılığını ve dolayısıyla gerçek yaşam etkinliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Del Prete ve ark., 2025).

GLP-1 temelli tedavilerde dikkat çeken bir diğer konu, hızlı kilo kaybına eşlik edebilen yağsız vücut kütlesindeki azalmadır. Bu durum özellikle ileri yaştaki bireylerde, kırılgan hastalarda ve sarkopenik obezitesi bulunan kişilerde daha fazla önem taşımaktadır. Çünkü yağsız kütledeki belirgin kayıp; fiziksel performansın azalmasına, dinlenme enerji harcamasının düşmesine ve uzun dönem metabolik dengenin olumsuz etkilenmesine yol açabilir (Heymsfield ve ark., 2014). Bu nedenle güncel klinik yaklaşımlar, obezite tedavisinde yalnızca farmakoterapiye odaklanmak yerine, beslenme düzenlemeleri ve davranışsal müdahaleleri de içeren bireyselleştirilmiş ve multidisipliner yönetim modellerinin benimsenmesini önermektedir (Wharton ve ark., 2020).

Güncel bulgular, bireyin beslenme durumu, diyet örüntüsü, inflamatuar profili ve bağırsak mikrobiyotasının bileşiminin, GLP-1 reseptör agonistlerine verilen yanıtın hem etkinlik hem de tolerabilite açısından şekillenmesinde rol oynayabileceğine işaret etmektedir. Bağırsak mikrobiyotası tarafından üretilen kısa zincirli yağ asitleri gibi metabolitlerin endojen GLP-1 salınımını, insülin duyarlılığını ve sistemik inflamasyonu modüle etmesi, mikrobiyota odaklı beslenme yaklaşımlarının biyolojik temelini desteklemektedir (Fan ve Pedersen, 2021). Bunun yanı sıra nutrigenomik, metabolomik ve dijital sağlık alanındaki ilerlemeler, metabolik fenotip ve bireysel tedavi

© 2026 ISARC Academy

gereksinimlerine göre şekillendirilen beslenme stratejilerinin geliştirilmesini mümkün kılmaktadır (Ordovas ve ark., 2018). Bu çerçevede, tek tip yaşam tarzı önerilerinden; ilaç yanıtındaki, besin gereksinimlerindeki ve metabolik adaptasyondaki bireysel farklılıkları dikkate alan hassas beslenme modellerine doğru bir dönüşüm yaşanmaktadır. Bu yaklaşımın, tedavi başarısının artırılması ve uzun vadeli sağlık hizmeti sürdürülebilirliğinin desteklenmesi açısından önemli potansiyel taşıdığı düşünülmektedir.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. GLP-1RA Etki Mekanizması

GLP-1 reseptörü (GLP-1R), sınıf B1 G proteinine kenetli reseptör ailesine ait olup glukoz homeostazı, insülin sekresyonu ve enerji dengesinin düzenlenmesinde merkezi rol oynamaktadır. GLP-1 veya GLP-1 reseptör agonistlerinin (GLP-1RA) reseptöre bağlanması, öncelikle heterotrimerik Gs proteininin aktivasyonuna yol açar. Gαs alt biriminin ayrışmasını takiben adenilat siklaz aktive olur ve hücre içi siklik adenozin monofosfat (cAMP) düzeyi artar. Artan cAMP, protein kinaz A (PKA) ve cAMP tarafından doğrudan aktive edilen değişim proteini (EPAC) üzerinden sinyal iletimini güçlendirerek pankreatik β-hücrelerden glukoza bağımlı insülin salınımını artırırken glukagon sekresyonunu baskılar (Zheng ve ark., 2024; Le ve ark., 2023). GLP-1R ayrıca Gq proteini üzerinden fosfolipaz C (PLC) yolunu aktive ederek hücre içi Ca^{2+} düzeylerini ve ERK1/2 fosforilasyonunu artırabilir; bu süreç β-hücre proliferasyonu ve fonksiyonunun desteklenmesine katkı sağlar (McNeill ve ark., 2024).

GLP-1R sinyallemesinin metabolik etkileri dokuya özgü olarak farklılık göstermektedir. Pankreatik β-hücrelerde reseptör aktivasyonu insülin gen transkripsiyonu ve translasyonunu artırarak glukoza bağımlı insülin sekresyonunu desteklerken, α-hücrelerden glukagon salınımını azaltarak glisemik dengenin korunmasına katkıda bulunur (Folli ve ark., 2023; Peart ve ark., 2024). Buna paralel olarak GLP-1R aktivasyonu gastrointestinal sistemde gastrik boşalmayı geciktirerek postprandiyal glukoz yükselmelerini sınırlar ve tokluk hissinin uzamasına katkıda bulunur. Bu periferik etkiler, GLP-1RA'ların hem hiperglisemiyi azaltıcı hem de enerji alımını sınırlayıcı farmakolojik özelliklerinin temelini oluşturmaktadır.

GLP-1RA'ların vücut ağırlığı üzerindeki etkilerinde merkezi sinir sistemi mekanizmaları da belirleyicidir. Hipotalamustaki arkuat çekirdekte GLP-1R aktivasyonu, anoreksijenik pro-opiomelanokortin/kokain ve amfetaminle düzenlenen transkript (POMC/CART) nöronlarını aktive ederken oreksijenik nöropeptit Y/agouti-bağlı peptit (NPY/AgRP) nöronlarını baskılar. Bu çift yönlü düzenleme iştahın azalması, besin alımının sınırlandırılması ve enerji harcamasının artmasıyla sonuçlanmaktadır (Myers ve ark, 2021; Gan ve ark., 2024). Ayrıca beyin sapındaki nucleus tractus solitarius kaynaklı GLP-1 sinyalleri periferik tokluk sinyallerini merkezi iştah kontrol devreleriyle bütünleştirerek öğün sonlanmasını ve tokluk yanıtını düzenlemektedir (Webster ve ark., 2024; Chen ve ark., 2021). Dolayısıyla GLP-1RA'ların klinik etkisi yalnızca pankreatik insülin-glukagon dengesine değil, gastrointestinal ve nöroendokrin yolakların eş zamanlı modülasyonuna dayanmaktadır.

2.2. İnflamatuar Durum ve GLP-1RA Metabolik Yanıtı

Obeziteye eşlik eden kronik düşük dereceli inflamasyon, GLP-1 reseptör agonistlerine verilen metabolik yanıtı etkileyen önemli faktörlerden biri olarak değerlendirilmektedir. Dolaşımdaki C-reaktif protein (CRP), interlökin-6 (IL-6) ve tümör nekroz faktörü-alfa (TNF-α) düzeylerindeki artış; insülin sinyalizasyonundaki bozulma, adipokin profilindeki değişiklikler ve hipotalamik iştah düzenleyici mekanizmaların işlev kaybı ile ilişkilidir. Bu inflamatuar ortamın, GLP-1 aracılı tokluk yanıtı ve glukoz homeostazı üzerindeki olumlu etkileri sınırlayabileceği, dolayısıyla bireyler arasında gözlenen tedavi yanıtı farklılıklarına katkıda bulunabileceği düşünülmektedir (Ruga ve ark., 2026).

İnflamasyon ve GLP-1 yanıtı karşılıklı olarak bağlantılıdır: kronik inflamasyon, GLP-1 reseptör aktivasyonunun metabolik etkilerini zayıflatabilirken, GLP-1 RA'lar ise nükleer faktör kappa B (NF-Kb) sinyal yolunun inhibisyonu, oksidatif stresin azaltılması ve NLRP3 inflammazomu da dahil olmak

© 2026 ISARC Academy

üzere doğuştan gelen bağışıklık yolaklarının modülasyonu yoluyla kendileri de anti-inflamatuar etkiler gösterir. Dolayısıyla, net klinik etki, başlangıçtaki iltihap yükü ile GLP-1 temelli tedavinin anti-inflamatuar kapasitesi arasındaki dengeye bağlı olabilir (Ruga ve ark., 2026).

Önemli bir nokta olarak, başlangıçtaki inflamasyon durumu beslenme müdahaleleriyle değiştirilebilir. Polifenol açısından zengin gıdalar, omega-3 yağ asitleri, diyet lifi ve asgari düzeyde işlenmiş bitkisel gıdaların yüksek düzeyde tüketilmesiyle karakterize edilen anti-inflamatuar beslenme düzenlerinin, dolaşımdaki inflamatuar biyobelirteçleri azalttığı ve metabolik parametreleri iyileştirdiği gösterilmiştir (Mukherjee ve ark., 2023). Bu durum, GLP-1 RA tedavisine başlamadan önce veya tedavi ile eşzamanlı olarak başlangıçtaki inflamasyonu azaltmayı amaçlayan beslenme stratejilerinin, özellikle yüksek inflamasyon yüküne sahip hastalarda farmakolojik etkinliği artırabileceğini düşündürmektedir. Anti-inflamatuar diyetler ile GLP-1 RA'lar arasındaki farmakometabolik sinerji, prospektif doğrulama gerektiren hassas beslenme yaklaşımları için umut verici bir yol sunmaktadır.

2.3. GLP-1 RA Tedavilerinde Beslenme Stratejileri

2.3.1. Diyet lifleri ve prebiyotikler

Diyet lifleri, ince bağırsakta sindirime ve emilime uğramayan, polimerik yapıda karbonhidrat bileşenleridir. Bu bileşenler; dışkı hacminin artırılması ve bağırsak motilitesinin desteklenmesinin yanı sıra gastrik boşalma ile glukoz emiliminin yavaşlatılması, yağ atılımının artırılması ve bağırsak mikrobiyotasındaki dengenin korunması gibi çeşitli fizyolojik etkiler göstermektedir. Ayrıca bağırsak bariyer bütünlüğünün sürdürülmesi, enteroendokrin yanıtların düzenlenmesi ve gen ekspresyonu ile amino asit metabolizmasının modülasyonu da diyet liflerinin önemli biyolojik işlevleri arasında yer almaktadır (Pérez-Jiménez, 2024).

Düşük lif tüketiminin, özellikle yağ ve şeker içeriği yüksek Batı tipi beslenme örüntüsüyle birlikte olduğunda, bağırsak mikrobiyotasındaki bazı yararlı bakteri gruplarının azalmasıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Ojo ve ark., 2020). Buna karşılık, yeterli lif alımı daha iyi metabolik sağlık göstergeleriyle ve obezite, tip 2 diyabet (T2DM) ile kardiyovasküler hastalıklar gibi kronik hastalıkların daha düşük riskiyle ilişkilendirilmektedir (Dayib ve ark., 2020). Bu olumlu etkilerin; sindirim ve besin emiliminin yavaşlatılması, tokluk hissinin artırılması, gastrointestinal nörotransmitterler ile GLP-1 gibi hormonların salınımının düzenlenmesi ve liften zengin diyetlerin daha düşük enerji yoğunluğuna sahip olması gibi mekanizmalar üzerinden gerçekleşebileceği düşünülmektedir (Gao ve ark., 2025).

Bağırsak mikrobiyotası tarafından fermente edilen diyet lifleri, asetat, propiyonat ve butirat başta olmak üzere kısa zincirli yağ asitlerinin (SCFA) oluşumuna katkı sağlar. Bu metabolitler kolonositler için önemli bir enerji kaynağı olmanın yanı sıra bağırsak bariyer bütünlüğünün ve metabolik homeostazın desteklenmesinde rol oynar. Ayrıca SCFA'ların bağırsak L-hücrelerinden GLP-1 ve peptid YY (PYY) salınımını, adipoz dokudan ise leptin sekresyonunu uyarabildiği; buna karşılık azalmış SCFA üretiminin T2DM patofizyolojisiyle ilişkili olabileceği bildirilmektedir (Mazhar ve ark., 2023).

Diyet lifi desteği, GLP-1 reseptör agonisti tedavisi sırasında ortaya çıkabilen gastrointestinal yan etkilerin kontrol altına alınmasında önemli bir beslenme müdahalesi olarak değerlendirilmektedir. Özellikle kabızlık ve ishal gibi semptomların hafifletilmesinde lif alımının düzenlenmesi, gastrointestinal tolerabilitenin iyileştirilmesine katkı sağlayabilir (Liu be ark., 2022). Bu semptomların etkili biçimde yönetilmesi, tedaviye uyumun artırılması ve tedavi sürekliliğinin sağlanması açısından önem taşımaktadır (Gentinetta ve ark., 2024). Nitekim uzman görüş birliği önerilerinde, GLP-1 reseptör agonisti kullanan bireylerde kabızlığın önlenmesi ve hafifletilmesi amacıyla diyet lifi tüketiminin artırılması önerilmektedir (Gorgojo-Martínez ve ark., 2023).

Diyet liflerinin gastrointestinal sistem üzerindeki olumlu etkileri; besinlerin sindirim ve emilim süreçlerini düzenlemeleri, glisemik ve lipemik yanıtları iyileştirmeleri, safra asitlerinin yeniden emilimini sınırlandırarak kolesterol metabolizmasını desteklemeleri ve gastrik boşalma, bağırsak geçiş süresi ile mikrobiyota metabolizmasını modüle etmeleriyle ilişkilidir (Gill ve ark., 2021). Özellikle psilyum, pektin, polidekstroz ve kısmen hidrolize guar zamkı gibi çözünür lifler, bağırsak lümeninde su

© 2026 ISARC Academy

tutulmasını sağlayarak dışkı kıvamının düzenlenmesine ve ishal semptomlarının hafifletilmesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca bu liflerin bağırsak mikrobiyotası tarafından fermentasyonu sonucunda oluşan SCFAlar, intestinal motilitenin düzenlenmesi, mukozal bariyer bütünlüğünün korunması, mikrobiyota dengesinin desteklenmesi ve GLP-1 sekresyonunun uyarılması gibi çeşitli fizyolojik süreçlerde rol oynamaktadır (Gill ve ark., 2021; Gentinetta ve ark., 2024). Buna karşılık çözünmeyen lifler, dışkı hacmini artırarak bağırsak geçişini hızlandırmakta ve böylece kabızlık semptomlarının hafifletilmesine yardımcı olmaktadır (Gill ve ark., 2021; Yusuf ve ark., 2022).

Diyet lifleri ve prebiyotiklerin bağırsak mikrobiyotasının dengelenmesine katkı sağlayarak kabızlık ve ishal gibi gastrointestinal semptomların hafifletilmesinde yararlı olabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, bu beslenme müdahalelerinin GLP-1 reseptör agonisti tedavisiyle birlikte uygulanmasına ilişkin doğrudan klinik kanıtlar henüz sınırlı olduğundan, söz konusu yararların bu hasta grubundaki etkinliği kesin olarak ortaya konulamamıştır. Ayrıca lif tüketiminde aşırıya kaçılması, GLP-1 RA tedavisine bağlı gastrik boşalma gecikmesini artırarak gastrointestinal yakınmaların şiddetlenmesine neden olabilir. Bu nedenle, olası yararların ve tolerabilitenin dengelenmesi açısından lif alımının bireysel gereksinimler doğrultusunda ve kademeli olarak artırılması önerilmektedir (Gentinetta ve ark., 2024).

2.3.2. Probiyotikler

Probiyotik desteği, GLP-1 reseptör agonisti tedavisinin metabolik ve gastrointestinal etkilerini destekleyebilecek potansiyel bir beslenme yaklaşımı olarak değerlendirilmektedir. GLP-1 RA kullanımına bağlı gastrik boşalmanın gecikmesi ve gastrointestinal motilitedeki değişikliklerin bağırsak mikrobiyotasının kompozisyonunu etkileyebileceği, bunun sonucunda inflamatuar yanıtın ve gastrointestinal semptomların şiddetlenebileceği öne sürülmektedir (Mattioli ve ark., 2024). Probiyotiklerin bağırsak mikrobiyotasındaki dengenin yeniden sağlanmasına ve intestinal bariyer bütünlüğünün korunmasına katkıda bulunması, söz konusu olumsuz etkilerin hafifletilmesinde potansiyel bir mekanizma olarak öne çıkmaktadır.

Obezitesi bulunan 27 bireyin dahil edildiği bir pilot çalışmada, beş farklı *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* suşunu içeren çoklu probiyotik preparatının ($2{,}5 \times 10^9$ CFU/g) düşük doz liraglutid ile birlikte uygulanmasının, yüksek doz liraglutid tedavisine benzer düzeyde vücut ağırlığı kaybı sağlarken gastrointestinal yan etkileri azaltabileceği bildirilmiştir (Mattioli ve ark., 2024). Kombine tedavi uygulanan hastaların %59,3'ünde yalnızca hafif ve geçici gastrointestinal semptomlar gözlenmiş ve hiçbir katılımcı yan etkiler nedeniyle tedaviyi sonlandırmamıştır. Buna karşılık, yüksek doz liraglutidin değerlendirildiği ayrı bir çalışmada advers olay sıklığının %80,3 olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, probiyotik desteğiyle gözlenen tolerabilite artışının bağırsak mikrobiyota çeşitliliğinin yeniden düzenlenmesi, intestinal lümen pH'sının dengelenmesi, bağırsak bariyer fonksiyonlarının iyileştirilmesi ve düşük dereceli inflamasyonun hafifletilmesiyle ilişkili olabileceğini öne sürmüştür. Bununla birlikte, bu bulguların daha geniş örneklemli ve kontrollü klinik çalışmalarla doğrulanmasına ihtiyaç bulunmaktadır (Mattioli ve ark., 2024).

Probiyotiklerin enerji homeostazı ve bağırsak kaynaklı tokluk mekanizmaları üzerindeki düzenleyici etkileri, obezite ve tip 2 diyabetin beslenme yönetimindeki potansiyel rollerine yönelik ilgiyi artırmıştır. Bu kapsamda, *Lactobacillus gasseri* BNR17 suşunun özellikle abdominal yağlanmanın azaltılması ve vücut kompozisyonunun iyileştirilmesi açısından olumlu etkiler gösterebildiği bildirilmiştir (Mahboubi, 2019). Söz konusu metabolik etkiler, probiyotik desteğinin GLP-1 reseptör agonistleriyle sağlanan kilo kaybını destekleyebilecek ve uzun dönemde ağırlık kontrolünün sürdürülmesine katkıda bulunabilecek tamamlayıcı bir yaklaşım olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, bu potansiyel sinerjik etkinin doğrudan klinik çalışmalarla doğrulanması gerekmektedir.

Tüm bu doğrultuda, belirli probiyotik suşlarının endojen GLP-1 sinyalizasyonunu destekleyerek viseral yağlanma, vücut ağırlığı ve bel çevresinin azaltılmasına katkı sağlayabileceği ve böylece GLP-1 reseptör agonistlerinin metabolik etkilerini tamamlayabileceği düşünülmektedir (Kim ve ark., 2018; Mahboubi, 2019). Ayrıca mevcut bulgular, probiyotik desteğinin gastrointestinal tolerabiliteyi iyileştirerek tedaviye uyumu destekleme potansiyeline işaret etmektedir. Bununla birlikte, probiyotiklerin GLP-1 RA

© 2026 ISARC Academy

tedavisiyle birlikte kullanımını doğrudan değerlendiren klinik çalışmaların sınırlı olması, öngörülen sinerjik etkilerin henüz kesin olarak ortaya konulamadığını göstermektedir. Bu nedenle, söz konusu yaklaşımın etkinliğini ve güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla yeterli örneklem büyüklüğüne sahip, randomize, plasebo kontrollü klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

2.3.3. Protein kaynakları

Protein tüketimi, obezite yönetiminde tokluk hissinin artırılması, diyetle indüklenen termogenezin desteklenmesi ve kas protein sentezinin uyarılması yoluyla yağsız vücut kütlesinin korunmasında önemli rol oynamaktadır (Paddon-Jones ve Rasmussen, 2009). Bu fizyolojik etkiler, GLP-1RA tedavisinin metabolik yararlarını destekleme ve tedaviye eşlik edebilen kas kütlesi kaybını sınırlandırma potansiyeli taşımaktadır (Giglio ve ark., 2023). Kilo kaybı sürecinde toplam ağırlık kaybının yaklaşık %15–40'ının yağsız vücut kütlesinden kaynaklandığı, GLP-1RA tedavilerinde ise bu oranın çalışmalar arasında %0–60 gibi geniş bir aralıkta değişebildiği bildirilmiştir (Neeland ve ark., 2024; Bikou ve ark., 2024). Bu nedenle obezite tedavisinde yalnızca vücut ağırlığının azaltılması değil, yağsız kütle korunurken yağ dokusunun azaltılması da temel hedeflerden biri olmalıdır. Özellikle GLP-1RA kullanan bireylerde yeterli protein alımı, amino asit desteği ve anabolik sinyal yollarının uyarılması aracılığıyla kas kaybının sınırlandırılmasına katkı sağlayabilir (Holwerda ve van Loon, 2022; Neeland ve ark., 2024). Sarkopenik obezitesi bulunan bireylerde günlük 1,0–1,3 g/kg düzeyindeki protein alımının kas kütlesinin korunmasında yararlı olabileceği bildirilmiştir (Cheah ve Cheah, 2023).

Yüksek biyolojik değere sahip protein kaynaklarından biri olan peynir altı suyu proteini (whey protein), tüm esansiyel amino asitleri içermesi nedeniyle kas protein sentezinin desteklenmesinde öne çıkmaktadır (Zafar, 2024). Özellikle egzersizle birlikte tüketildiğinde protein kinaz B/ rapamisinin memeli hedef proteini (AKT/mTOR) sinyal yolunu aktive ederek kas anabolizmasını ve yağsız vücut kütlesinin artışını destekleyebilmektedir (Ji ve ark., 2025). Klinik çalışmalar, whey protein desteğinin tip 2 diyabetli bireylerde iskelet kası kütlesini artırabildiğini, kilo kaybı programlarına katılan kadınlarda ise yağsız kütlenin korunmasına katkı sağladığını göstermektedir (Bergia ve ark., 2018). Bu etkilerin enerji kısıtlaması ve fiziksel aktiviteyle birlikte daha belirgin hale geldiği bildirilmektedir (Simonson ve ark., 2020). Bariatrik cerrahi sonrasında yürütülen bir çalışmada da günlük 30 g whey protein desteğinin yağ kütlesindeki azalmaya eşlik eden yağsız kütle artışı sağladığı bildirilmiştir (Henriques ve ark., 2025).

Proteinlerin metabolik etkileri kas kütlesinin korunmasıyla sınırlı olmayıp glisemik kontrol ve gastrointestinal hormonların düzenlenmesini de kapsamaktadır. Protein tüketiminin GLP-1, glukoza bağımlı insülinotropik polipeptit (GIP) ve insülin sekresyonunu artırdığı, gastrik boşalmayı geciktirdiği ve tokluk yanıtını güçlendirdiği gösterilmiştir (Smedegaard ve ark., 2023; Chiang ve ark., 2022). Otuz yedi randomize kontrollü çalışmayı içeren bir meta-analizde, yüksek protein alımının vücut ağırlığında yaklaşık 1,6 kg azalma sağladığı, bu etkinin özellikle prediyabetli bireylerde belirgin olduğu bildirilmiştir (Hansen ve ark., 2021). Öğün öncesinde whey protein tüketiminin postprandiyal glukoz pikini yaklaşık 1,4 mmol/L azalttığı, GLP-1 ve insülin yanıtını artırdığı ve gastrik boşalmayı yavaşlattığı gösterilmiştir (Smedegaard ve ark, 2023). Ayrıca whey protein desteğinin metabolik sendromlu bireylerde kan basıncı, bel çevresi, trigliserit düzeyleri, lipid profili ve insülin direnci üzerinde olumlu etkiler oluşturabileceği bildirilmektedir (Amirani ve ark., 2020). Bu bulgular, protein desteğinin GLP-1RA tedavisinde glisemik kontrolün desteklenmesi açısından tamamlayıcı bir yaklaşım olabileceğini düşündürmektedir. Ancak, protein desteklerinin GLP-1RA tedavisiyle doğrudan birlikte değerlendirildiği klinik çalışmalar henüz sınırlıdır. Dolayısıyla bu beslenme stratejilerinin kas kütlesinin korunması, gastrointestinal tolerabilite ve metabolik kontrol üzerindeki potansiyel yararlarının daha kapsamlı klinik araştırmalarla doğrulanması gerekmektedir.

© 2026 ISARC Academy

2.3.4. Omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri

Omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), hücre membranlarının yapısal bütünlüğünün korunmasında görev alan ve çeşitli metabolik süreçlerin düzenlenmesine katkı sağlayan esansiyel yağ asitleridir (Kapoor ve ark., 2021). Özellikle eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosahekzaenoik asit (DHA), adipoz doku metabolizması, inflamatuvar yanıt ve enerji homeostazı üzerindeki etkileri nedeniyle GLP-1 reseptör agonisti (GLP-1RA) tedavisini destekleyebilecek potansiyel beslenme bileşenleri arasında değerlendirilmektedir. Omega-3 PUFA'lar, peroksizom proliferatör ile aktive edilen reseptörler (PPAR-γ/δ) aracılığıyla adiposit farklılaşmasını düzenlerken, NF-κB ve NLRP3 inflamazom aktivasyonunu baskılayarak IL-1, IL-6 ve TNF-α gibi pro-inflamatuar sitokinlerin üretimini azaltabilmektedir. Ayrıca serbest yağ asidi reseptörü 4 (FFAR4) üzerinden makrofajların anti-inflamatuar M2 fenotipine yönelmesini destekleyerek adipoz dokudaki inflamasyonu hafifletebilmekte ve insülin duyarlılığını iyileştirebilmektedir (Albracht-Schulte ve ark., 2018). Bunun yanında AMPK, PPAR-α, SREBP-1c ve ChREBP gibi metabolik düzenleyiciler üzerinden yağ asidi oksidasyonunu artırırken lipogenezi baskılamakta; böylece lipid metabolizmasının düzenlenmesine ve yağ birikiminin sınırlandırılmasına katkı sağlayabilmektedir (Albracht-Schulte ve ark., 2018).

Omega-3 yağ asitlerinin metabolik etkileri klinik araştırmalarla da değerlendirilmiştir. Fazla kilolu ve obez 617 bireyi kapsayan 11 randomize kontrollü çalışmanın meta-analizinde, omega-3 desteğinin bel çevresi ve trigliserit düzeylerinde azalma sağladığı bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2017). Tip 2 diyabetli toplam 4991 katılımcının yer aldığı 46 randomize kontrollü çalışmanın meta-analizinde ise toplam kolesterol, trigliserit, HDL-kolesterol, HbA1c ve C-reaktif protein (CRP) düzeylerinde olumlu değişiklikler saptanmıştır (Xiao ve ark., 2022). Ayrıca 72.598 katılımcıyı içeren 90 randomize kontrollü çalışmanın değerlendirildiği kapsamlı bir meta-analizde, omega-3 alımı ile trigliserit ve HDL dışı kolesterol düzeylerindeki azalma arasında doza bağımlı bir ilişki bulunduğu; bu etkinin özellikle günlük 2 g'ın üzerindeki dozlarda ve dislipidemisi bulunan bireylerde daha belirgin olduğu gösterilmiştir (Wang ve ark., 2023). Söz konusu bulgular, omega-3 yağ asitlerinin GLP-1RA tedavisi sırasında lipid profilinin iyileştirilmesi, inflamasyonun azaltılması ve kardiyometabolik sağlığın desteklenmesi açısından tamamlayıcı bir yaklaşım olabileceğini düşündürmektedir.

Omega-3 yağ asitlerinin bir diğer potansiyel etkisi, kilo kaybı sırasında yağsız vücut kütlesinin ve iskelet kası fonksiyonlarının korunmasıyla ilişkilidir. Bazı çalışmalar omega-3 desteğinin kas protein sentezini, kas kuvvetini ve fiziksel performansı destekleyebileceğini göstermesine rağmen mevcut kanıtlar tutarlı değildir (Huang ve ark., 2020). Yaşlı bireylerde günlük 2 g'ın üzerindeki omega-3 alımının kas kütlesinde yaklaşık 0,67 kg artış ve yürüme hızında iyileşme sağladığı bildirilirken (Huang ve ark., 2020), 1443 katılımcıyı kapsayan başka bir meta-analizde kas kütlesi ve fiziksel fonksiyon üzerinde anlamlı bir etki saptanmamıştır (Esteves ve ark., 2023). Bununla birlikte, EPA ve DHA bakımından zengin bir kaynak olan krill yağına yönelik klinik çalışmalar dikkat çekmektedir (Andraka ve ark., 2020). Yaşlı yetişkinlerde altı ay boyunca günlük 4 g krill yağı desteğinin diz ekstansör kas kuvvetini %9,3, kavrama kuvvetini %10,9 ve *vastus lateralis* kas kalınlığını %3,5 artırdığı gösterilmiştir (Alkhedhairi ve ark., 2022). Fazla kilolu ve obez 41 bireyin katıldığı başka bir çalışmada ise krill yağı desteğinin aralıklı açlık sırasında yağsız vücut kütlesi ve kas kuvvetindeki azalmayı sınırlandırdığı bildirilmiştir (Alblaji ve ark., 2025). Bu bulgular, omega-3 yağ asitlerinin GLP-1RA tedavisine eşlik eden kilo kaybı sürecinde kas sağlığının ve metabolik dengenin korunmasına katkıda bulunabileceğini düşündürmekle birlikte, iki yaklaşımın birlikte kullanımını doğrudan inceleyen klinik çalışmaların bulunmaması nedeniyle bu potansiyel yararların henüz doğrulanmadığı vurgulanmalıdır.

3. SONUÇ

Sonuç olarak, GLP-1 reseptör agonistleri obezite ve tip 2 diyabetin tedavisinde önemli metabolik ve klinik yararlar sağlamakla birlikte, tedaviye verilen bireysel yanıtların farklılık göstermesi, gastrointestinal yan etkiler, besin ögesi yetersizlikleri ve yağsız vücut kütlesindeki kayıp gibi sorunlar, uzun dönem tedavi başarısında beslenme yönetiminin önemini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, hassas beslenme yaklaşımlarının farmakolojik tedaviyle bütünleştirilmesi, yalnızca vücut ağırlığının azaltılmasını değil, metabolik homeostazın korunmasını ve tedavi sonuçlarının sürdürülebilirliğini de

© 2026 ISARC Academy

hedefleyen bütüncül bir strateji sunmaktadır. Özellikle yeterli protein alımı, diyet lifleri, prebiyotikler, probiyotikler ve omega-3 yağ asitleri gibi beslenme bileşenleri; bağırsak mikrobiyotasının düzenlenmesi, inflamatuar yanıtın modülasyonu, glisemik kontrolün desteklenmesi ve kas kütlesinin korunması açısından potansiyel yararlar taşımaktadır. Bununla birlikte, bu müdahalelerin GLP-1 reseptör agonistleriyle birlikte kullanımına ilişkin doğrudan klinik kanıtların sınırlı olması, söz konusu etkilerin dikkatle değerlendirilmesini gerektirmektedir. Gelecekte bireysel metabolik özellikler, beslenme durumu, vücut kompozisyonu ve biyokimyasal belirteçleri temel alan randomize kontrollü çalışmaların, etkili ve güvenilir beslenme protokollerinin geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Böylece GLP-1 temelli tedavilerin bireyselleştirilmiş beslenme stratejileriyle desteklenmesi, obezite yönetiminde kısa dönem kilo kaybının ötesine geçerek uzun vadeli metabolik sağlığın korunmasına yönelik önemli bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

Acosta, A., Streett, S., Kroh, M. D., Cheskin, L. J., Saunders, K. H., Kurian, M., ... & Aronne, L. (2017). White paper AGA: POWER—practice guide on obesity and weight management, education, and resources. Clinical gastroenterology and hepatology, 15(5), 631-649.

Alblaji, M., Gray, S. R., Almesbehi, T., Morrison, D. J., & Malkova, D. (2025). Benefits of Krill Oil Supplementation During Alternate-Day Fasting in Adults With Overweight and Obesity: A Randomized Trial. Obesity, 33(9), 1694-1703.

Albracht-Schulte, K., Kalupahana, N. S., Ramalingam, L., Wang, S., Rahman, S. M., Robert-McComb, J., & Moustaid-Moussa, N. (2018). Omega-3 fatty acids in obesity and metabolic syndrome: a mechanistic update. The Journal of nutritional biochemistry, 58, 1-16.

Alkhedhairi, S. A., Alkhayl, F. F. A., Ismail, A. D., Rozendaal, A., German, M., MacLean, B., ... & Gray, S. R. (2022). The effect of krill oil supplementation on skeletal muscle function and size in older adults: A randomised controlled trial. Clinical Nutrition, 41(6), 1228-1235.

Amirani, E., Milajerdi, A., Reiner, Ž., Mirzaei, H., Mansournia, M. A., & Asemi, Z. (2020). Effects of whey protein on glycemic control and serum lipoproteins in patients with metabolic syndrome and related conditions: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. Lipids in health and disease, 19(1), 209.

Andraka, J. M., Sharma, N., & Marchalant, Y. (2020). Can krill oil be of use for counteracting neuroinflammatory processes induced by high fat diet and aging?. Neuroscience research, 157, 1-14.

Bergia III, R. E., Hudson, J. L., & Campbell, W. W. (2018). Effect of whey protein supplementation on body composition changes in women: a systematic review and meta-analysis. Nutrition reviews, 76(7), 539-551.

Bikou, A., Dermiki-Gkana, F., Penteris, M., Constantinides, T. K., & Kontogiorgis, C. (2024). A systematic review of the effect of semaglutide on lean mass: insights from clinical trials. Expert Opinion on Pharmacotherapy, 25(5), 611-619.

Caruso, I., Cignarelli, A., Sorice, G. P., Perrini, S., & Giorgino, F. (2024). Incretin-based therapies for the treatment of obesity-related diseases. npj Metabolic Health and Disease, 2(1), 31.

Cheah, K. J., & Cheah, L. J. (2023). Benefits and side effects of protein supplementation and exercise in sarcopenic obesity: A scoping review. Nutrition journal, 22(1), 52.

Chen, X. Y., Chen, L., Yang, W., & Xie, A. M. (2021). GLP-1 suppresses feeding behaviors and modulates neuronal electrophysiological properties in multiple brain regions. Frontiers in molecular neuroscience, 14, 793004.

Chiang, S. W., Liu, H. W., Loh, E. W., Tam, K. W., Wang, J. Y., Huang, W. L., & Kuan, Y. C. (2022). Whey protein supplementation improves postprandial glycemia in persons with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Nutrition Research, 104, 44-54.

© 2026 ISARC Academy

Dayib, M., Larson, J., & Slavin, J. (2020). Dietary fibers reduce obesity-related disorders: mechanisms of action. Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care, 23(6), 445-450.

Del Prete, M., Gavazzi, L., Disoteo, O. E., Vignati, F., Di Sacco, G., & Muratori, F. (2025). Real-world effectiveness of semaglutide treatment on weight loss maintenance after weight loss in patients with obesity or overweight and diabetes. Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity, 30(1), 2.

Esteves, G. P., Barreto, G. H., Longhini, F., Dolan, E., & Benatti, F. B. (2023). The influence of n-3PUFA supplementation on muscle strength, mass, and function: a systematic review and meta-analysis. Advances in Nutrition, 14(1), 115-127.

Fan, Y., & Pedersen, O. (2021). Gut microbiota in human metabolic health and disease. Nature Reviews Microbiology, 19(1), 55-71.

Folli, F., Finzi, G., Manfrini, R., Galli, A., Casiraghi, F., Centofanti, L., ... & Higgins, P. B. (2023). Mechanisms of action of incretin receptor based dual-and tri-agonists in pancreatic islets. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism, 325(5), E595-E609.

Gan, H. W., Cerbone, M., & Dattani, M. T. (2024). Appetite-and weight-regulating neuroendocrine circuitry in hypothalamic obesity. Endocrine reviews, 45(3), 309-342.

Gao, X., Hu, S., Liu, Y., De Alwis, S. S. S., Yu, Y., Li, Z., ... & Liu, J. (2025). Dietary fiber as prebiotics: a mitigation strategy for metabolic diseases. Foods, 14(15), 2670.

Gentinetta, S., Sottotetti, F., Manuelli, M., & Cena, H. (2024). Dietary recommendations for the management of gastrointestinal symptoms in patients treated with GLP-1 receptor agonist. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity, 4817-4824.

Giglio, B. M., Lobo, P. C., & Pimentel, G. D. (2023). Effects of whey protein supplementation on adiposity, body weight, and glycemic parameters: A synthesis of evidence. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 33(2), 258-274.

Gill, S. K., Rossi, M., Bajka, B., & Whelan, K. (2021). Dietary fibre in gastrointestinal health and disease. Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology, 18(2), 101-116.

Gorgojo-Martínez, J. J., Mezquita-Raya, P., Carretero-Gómez, J., Castro, A., Cebrián-Cuenca, A., de Torres-Sánchez, A., ... & Rubio-Herrera, M. Á. (2022). Clinical recommendations to manage gastrointestinal adverse events in patients treated with Glp-1 receptor agonists: a multidisciplinary expert consensus. Journal of clinical medicine, 12(1), 145.

Hansen, T. T., Astrup, A., & Sjödin, A. (2021). Are dietary proteins the key to successful body weight management? A systematic review and meta-analysis of studies assessing body weight outcomes after interventions with increased dietary protein. *Nutrients*, *13*(9), 3193.

Henriques, H. K. F., Kattah, F. M., Piccolo, M. S., dos Santos, E. A., de Araújo Ventura, L. H., Cerqueira, F. R., ... & Leite, J. I. A. (2025). The role of whey protein in maintaining fat-free mass and promoting fat loss after 18 months of Bariatric Surgery. Obesities, 5(2), 42.

Heymsfield, S. B., Gonzalez, M. C., Shen, W., Redman, L., & Thomas, D. (2014). Weight loss composition is one-fourth fat-free mass: a critical review and critique of this widely cited rule. Obesity Reviews, 15(4), 310-321.

Holwerda, A. M., & van Loon, L. J. (2022). The impact of collagen protein ingestion on musculoskeletal connective tissue remodeling: a narrative review. Nutrition reviews, 80(6), 1497-1514.

Huang, Y. H., Chiu, W. C., Hsu, Y. P., Lo, Y. L., & Wang, Y. H. (2020). Effects of omega-3 fatty acids on muscle mass, muscle strength and muscle performance among the elderly: a meta-analysis. Nutrients, 12(12), 3739.

© 2026 ISARC Academy

Ji, X., Ye, X., Ji, S., Zhang, S., Wang, Y., Zhou, Z., ... & Luo, B. (2025). Whey protein supplementation combined with exercise on muscle protein synthesis and the AKT/mTOR pathway in healthy adults: a systematic review and Meta-analysis. Nutrients, 17(16), 2579.

Kapoor, B., Kapoor, D., Gautam, S., Singh, R., & Bhardwaj, S. (2021). Dietary polyunsaturated fatty acids (PUFAs): Uses and potential health benefits. Current nutrition reports, 10(3), 232-242.

Kim, J., Yun, J. M., Kim, M. K., Kwon, O., & Cho, B. (2018). Lactobacillus gasseri BNR17 supplementation reduces the visceral fat accumulation and waist circumference in obese adults: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Journal of medicinal food, 21(5), 454-461.

Le, T. D., Liu, D., Besing, G. L. K., Raghavan, R., Ellis, B. J., Ceddia, R. P., ... & Ayala, J. E. (2023). Glucagon-like peptide-1 receptor activation stimulates PKA-mediated phosphorylation of Raptor and this contributes to the weight loss effect of liraglutide. Elife, 12, e80944.

Liu, L., Chen, J., Wang, L., Chen, C., & Chen, L. (2022). Association between different GLP-1 receptor agonists and gastrointestinal adverse reactions: a real-world disproportionality study based on FDA adverse event reporting system database. Frontiers in Endocrinology, 13, 1043789.

Mahboubi, M. (2019). Lactobacillus gasseri as a functional food and its role in obesity. International Journal of Medical Reviews, 6(2), 59-64.

Mattioli, M., D'Agostino, E., Valerii, L., Angelino, D., Serafini, M., & De Cristofaro, P. (2024). Probiotics In Incretin-Based Therapy for Patient Living with Obesity: A Synergistic Approach. J. Pharm. Pharmacol. Res, 8, 95-103.

Mazhar, M., Zhu, Y., & Qin, L. (2023). The interplay of dietary fibers and intestinal microbiota affects type 2 diabetes by generating short-chain fatty acids. Foods, 12(5), 1023.

McNeill, S. M., Lu, J., Carino, C. M. C., Inoue, A., Zhao, P., Sexton, P. M., & Wootten, D. (2024). The role of G protein-coupled receptor kinases in GLP-1R β-arrestin recruitment and internalisation. Biochemical pharmacology, 222, 116119.

Mukherjee, M. S., Han, C. Y., Sukumaran, S., Delaney, C. L., & Miller, M. D. (2023). Effect of anti-inflammatory diets on inflammation markers in adult human populations: a systematic review of randomized controlled trials. Nutrition Reviews, 81(1), 55-74.

Myers Jr, M. G., Affinati, A. H., Richardson, N., & Schwartz, M. W. (2021). Central nervous system regulation of organismal energy and glucose homeostasis. Nature metabolism, 3(6), 737-750.

Nauck, M. A., & Meier, J. J. (2018). Incretin hormones: their role in health and disease. Diabetes, Obesity and Metabolism, 20, 5-21.

Neeland, I. J., Linge, J., & Birkenfeld, A. L. (2024). Changes in lean body mass with glucagon-like peptide-1-based therapies and mitigation strategies. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, *26*, 16-27.

Ojo, O., Feng, Q. Q., Ojo, O. O., & Wang, X. H. (2020). The role of dietary fibre in modulating gut microbiota dysbiosis in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. Nutrients, 12(11), 3239.

Ordovas, J. M., Ferguson, L. R., Tai, E. S., & Mathers, J. C. (2018). Personalised nutrition and health. bmj, 361.

Paddon-Jones, D., & Rasmussen, B. B. (2009). Dietary protein recommendations and the prevention of sarcopenia: protein, amino acid metabolism and therapy. Current opinion in clinical nutrition and metabolic care, 12(1), 86.

Peart, L. A., Draper, M., & Tarasov, A. I. (2024). The impact of GLP-1 signalling on the energy metabolism of pancreatic islet β-cells and extrapancreatic tissues. Peptides, 178, 171243.

Pérez-Jiménez, J. (2024). Dietary fiber: Still alive. Food Chemistry, 439, 138076.

© 2026 ISARC Academy

Rubino, F., Puhl, R. M., Cummings, D. E., Eckel, R. H., Ryan, D. H., Mechanick, J. I., ... & Dixon, J. B. (2020). Joint international consensus statement for ending stigma of obesity. Nature medicine, 26(4), 485-497.

Ruga, S., Matarese, E., Bava, R., Lombardi, C., Dimatteo, T., Miscio, L., ... & Lombardi, R. (2026). Integrating Precision Nutrition with GLP-1 Receptor Agonist Therapy: Mechanisms, Clinical Outcomes, and Pharmacoeconomic Implications. Pharmaceuticals, 19(8), 1230.

Simonson, M., Boirie, Y., & Guillet, C. (2020). Protein, amino acids and obesity treatment. Reviews in endocrine and metabolic disorders, 21(3), 341-353.

Smedegaard, S., Kampmann, U., Ovesen, P. G., Støvring, H., & Rittig, N. (2023). Whey protein premeal lowers postprandial glucose concentrations in adults compared with water—the effect of timing, dose, and metabolic status: a systematic review and meta-analysis. The American Journal of Clinical Nutrition, 118(2), 391-405.

Wang, T., Zhang, X., Zhou, N., Shen, Y., Li, B., Chen, B. E., & Li, X. (2023). Association Between Omega-3 Fatty Acid Intake and Dyslipidemia: A Continuous Dose–Response Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Journal of the American Heart Association, 12(11), e029512.

Webster, A. N., Becker, J. J., Li, C., Schwalbe, D. C., Kerspern, D., Karolczak, E. O., ... & Campbell, J. N. (2024). Molecular connectomics reveals a glucagon-like peptide 1-sensitive neural circuit for satiety. Nature metabolism, 6(12), 2354-2373.

Wharton, S., Lau, D. C., Vallis, M., Sharma, A. M., Biertho, L., Campbell-Scherer, D., ... & Wicklum, S. (2020). Obesity in adults: a clinical practice guideline. Canadian medical association journal, 192(31), E875-E891.

WorldHealthOrganization.Obesityandoverweight[FactSheet].2025.Availableonline:https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/obesity-and-overweight(accessedon2June2026).

Xiao, Y., Zhang, Q., Liao, X., Elbelt, U., & Weylandt, K. H. (2022). The effects of omega-3 fatty acids in type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, 182, 102456.

Yusuf, K., Saha, S., & Umar, S. (2022). Health benefits of dietary fiber for the management of inflammatory bowel disease. Biomedicines, 10(6), 1242.

Zafar, S. (2024). Nutritional and Functional Importance of Whey Protein in Human Health and Food Applications. Applied Agriculture Sciences, 2(1), 1-5.

Zhang, Y. Y., Liu, W., Zhao, T. Y., & Tian, H. M. (2017). Efficacy of omega-3 polyunsaturated fatty acids supplementation in managing overweight and obesity: a meta-analysis of randomized clinical trials. The Journal of nutrition, health and aging, 21(2), 187-192.

Zheng, Z., Zong, Y., Ma, Y., Tian, Y., Pang, Y., Zhang, C., & Gao, J. (2024). Glucagon-like peptide-1 receptor: mechanisms and advances in therapy. Signal transduction and targeted therapy, 9(1), 234.

© 2026 ISARC Academy

FERMENTE BAKLAGİL UNLARI VE ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARINDAN OLUŞAN UN PAÇALLARININ BAZLAMANIN BAZI FİZİKSEL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Büşra UYSAL

Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 42050, Meram, Konya

ORCID: 0000-0001-8225-4370

Nermin BİLGİÇLİ

Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 42050 Meram, Konya

ORCID: 0000-0001-5490-9824

ÖZET

Bu çalışmada fermente baklagil unları ve alternatif protein kaynaklarından elde edilen un paçallarının bazlamanın bazı kalite özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bazlama formülasyonlarında fermente nohut unu (FNU), fermente fasulye unu (FFU) ve fermente sarı bezelye unu (FBU) %5 oranlarında, spirulina tozu (SRT) %2, mantar tozu (MNT) ise %4 oranında buğday unu ile yer değiştirme esasına göre kullanılmıştır. Fermente baklagil unları ve alternatif protein kaynakları farklı kombinasyonlar halinde kullanılarak 6 farklı bazlama formülasyonu oluşturulmuştur. Buğday unundan üretilen kontrol bazlama örneğinde L*, a* ve b* değerleri sırası ile 77.11, 0.19 ve 20.20 iken, alternatif protein kaynakları ve fermente baklagil unu ilaveleri ile hazırlanan bazlama ekmeklerinde bu değerler sırası ile 41.56-61.87, -3.82- (-1.36) ve 11.67-18.25 arasında değişim göstermiştir. Tüm alternatif protein kaynakları ve fermente baklagil unları ve bunların kombinasyon halinde kullanımları bazlamaların L* ve b* değerlerini kontrole göre düşürmüştür. FBU+SPT+MNT kombinasyonu ile üretilen bazlama ekmeği parlaklığı en düşük değere ulaşan örnek olmuştur. Kontrolden sonra en yüksek a* değeri MNT ilaveli bazlama ekmeğinde belirlenmiştir. SPT tek başına yada kombinasyon halinde kullanıldığında negatif a* değerini yükseltmiş ve bazlama ekmeklerine yeşilimsi renk kazandırmıştır. Alternatif protein kaynakları ve fermente baklagil unu ilavesi bazlama ekmeklerinin kalınlık değerinde önemli bir farklılığa neden olmazken, SPT+MNT kombinasyonu çap değerini kontrole göre yükseltmiştir ($p<0.05$). Yayılma oranı değerleri 11.45 ile 13.31 arasında değişmiş olup FBU+ SPT+MNT kombinasyonu ile üretilen bazlama ekmeği sayısal olarak en düşük yayılma oranı değerine sahip olmuştur. Duyusal analiz sonuçlarına göre, alternatif protein kaynaklarının tek başına yada fermente baklagil unları ile birlikte kullanımı bazlama ekmeklerinin genel beğeni puanlarını düşürmüş özellikle bunların kombinasyon halinde kullanımları genel beğeni puanlarının daha fazla düşmesine neden olmuştur. Kontrolden sonra en yüksek genel beğeni puanı MNT ilaveli örnekte belirlenirken, en düşük değer FBU + SPT + MNT kombinasyonu ile üretilen ekmeklerde belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bazlama, düz ekmek, fermente baklagil unu, alternatif protein kaynağı

© 2026 ISARC Academy

THE EFFECT OF FERMENTED LEGUME FLOURS AND ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES FLOUR BLEND ON SOME PHYSICAL AND SENSORY PROPERTIES OF FLATBREAD (BAZLAMA)

ABSTRACT

This study investigated the effect of fermented legume flours and alternative protein source flour blends on some quality characteristics of flatbread (bazlama). In the flatbread formulations, fermented chickpea flour (FCF), fermented common bean flour (FCF), and fermented yellow pea flour (FPF) were used at 5%, spirulina powder (SRP) at 2%, and mushroom powder (MRP)at 4%, all as replacements for wheat flour. Six different flatbread formulations were created using different combinations of fermented legume flours and alternative protein sources. While the L*, a*, and b* values for the control bazlama made from wheat flour were 77.11, 0.19, and 20.20, respectively, these values ranged from 41.56 to 61.87, -3.82 to -1.36, and 11.67 to 18.25 in bazlama breads prepared with alternative protein sources and fermented legume flour additions. All alternative protein sources, fermented legume flours, and their combinations reduced the L* and b* values of the bazlama compared to the control. The bazlama bread produced with the FPF+SRP+MRP combination exhibited the lowest brightness value. After the control, the highest a* value was observed in the bazlama bread supplemented with MRP. When used alone or in combination, SRP increased the negative a* value, imparting a greenish hue to the bazlama breads. While the addition of alternative protein sources and fermented legume flour did not cause a significant difference in the thickness of the bazlama breads, the SRP+MRP combination increased the diameter compared to the control ($p<0.05$). Spread ratio values ranged from 11.45 to 13.31, with the bazlama bread produced using the FPF+ SRP + MRP combination showing the lowest numerical spread ratio. According to sensory analysis results, the use of alternative protein sources—either alone or in combination with fermented legume flours—reduced the overall acceptability scores of the bazlama breads; specifically, using them in combination led to a further decline in these scores. Following the control, the highest overall acceptability score was recorded for the MRP-supplemented sample, whereas the lowest value was observed in breads produced with the FPF+ SRP + MRP combination.

Key words: Bazlama, flatbread, fermented legume flour, alternative protein source

1.GİRİŞ

Spirulina platensis zengin protein (kuru ağırlığın %46–63'ü), vitamin, mineral ve esansiyel yağ asidi içeriği sayesinde, gıdaların besinsel ve fonksiyonel olarak zenginleştirilmesinde potansiyel bir ingredient ve alternatif protein kaynağı olarak büyük ilgi görmektedir (Spínola ve ark., 2024). Spirulina, gama-linolenik asit, fikosiyanin, klorofil ve karotenoidler gibi çeşitli biyoaktif bileşikler bakımından da zengindir (Maddiboyina ve ark., 2023; Spínola ve ark. 2024). Bu bileşenlerin antioksidan, antienflamatuar, immünomodülatör ve lipid düşürücü aktiviteler dahil olmak üzere çeşitli fizyolojik işlevlere sahip olduğu gösterilmiştir (Hussein ve ark., 2021; Kusumastuti ve ark., 2024). Alternatif protein kaynağı olarak değerlendirilen mantarlar da kuru ağırlık bazında %20-40 oranında iyi kalitede protein içermesinin yanı sıra iyi bir potasyum, kalsiyum, demir, çinko, bakır, D vitamini ve folik asit kaynağıdır (Singh ve ark., 1995; Alam ve Raza, 2001). Mantar pulp, ezme, un, toz veya ekstrakt formunda et (köfte, salam, sosis vb.), tahıl (bisküvi, cips, ekmek vb.) ve süt (peynir, yoğurt vb.) gibi çeşitli gıdalara kullanılabilmektedir (Turp ve Boylu, 2018). Mantar tozu ilavesi unlu mamullerin vitamin, mineral (kalsiyum, potasyum, magnezyum, fosfor, demir, bakır, çinko ve manganez), polifenol, ham lif ve protein içeriğinin artmasına katkıda bulunmaktadır. Buğday ununun mantar tozu ile ikame edilmesi; ekmek, kek ve bisküvilerin iç doku rengini, fizikokimyasal özelliklerini ve dokusal niteliklerini etkilemektedir. Duyusal analiz sonuçlarına göre, unlu mamullerde %4–10 oranında mantar tozu kullanımı en iyi duyusal özellikleri sergilemektedir (Salehi, 2019)

Fermantasyon, baklagillerdeki antibesinsel bileşikleri (fitik asit, α-galaktozidler vb) azaltıp, büyük molekül boyutlu proteinleri peptitlere ve amino asitlere hidrolize ederek protein sindirilebilirliğini artırarak besin kalitesini iyileştiren basit ve düşük maliyetli bir işleme tekniğidir (Chavan, 1988;

© 2026 ISARC Academy

Fredrikson ve ark., 2001; Granito ve ark., 2002; Frias ve ark., 2005). Laktik asit bakterileri *Lactobacillus, Lactococcus, Streptococcus, Leuconostoc ve Pediococcus* uygun asidik ve organoleptik özellikleri nedeniyle fermantasyonda yaygın olarak kullanılmaktadır (Liu ve ark., 2011).

Bu çalışmada fermente baklagil unları ve alternatif protein kaynaklarından elde edilen un paçallarının bazlamanın renk, fiziksel ve duyusal özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

2. MATARYEL VE METOT

2.1 Materyal

Bazlama üretiminde kullanılan buğday unu, tuz ve yaş maya Konya'da bulunan yerel marketlerden temin edilmiştir. Nohut, fasulye ve sarı bezelye Sağlık Tarım, Konya dan temin edilmiş, öğütülerek, 500 µm elekten geçirilmiştir. Mantar tozu ve spirulina tozu sırasıyla Kurucum Gıda, (Isparta, Türkiye), Aktarloji (Antalya, Türkiye) firmalarından satın alınmıştır.

2.2. Fermente baklagil unlarının üretimi

Baklagil unlarının fermantasyonu Koca ve ark. (2002) tarafından verilen yöntem modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada 400 g baklagil unu (nohut, fasulye ya da sarı bezelye unları), 2000 ml sıcak su ile karıştırılarak bulamaç haline getirilmiştir. Daha sonra 90-95 °C'de 15 dakika bekletilen bulamaç, 44 °C'ye kadar soğutulmuştur. Elde edilen karışıma yoğurt kültürü (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* ve *Streptococcus thermophililus*.) (%0,03) eklenmiş ve 42 °C'de 4 saat inkübe edilmiştir. Son olarak fermente ürün 60 °C'de sıcak hava fırınında 24 saat kurutulmuş ve öğütülerek baklagil tozları elde edilmiştir.

2.3. Bazlama üretimi

Bazlama üretiminde Akbaş'ın (2000) bazlama üretim yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Kontrol bazlama ekmeğinde 200 g un esasına göre; 3g tuz, 2g şeker, 5g yaş maya ve farinografta tespit edilen su absorpsiyonunun 2 puan üstü su ilave edilmiştir. Diğer bazlama formülasyonlarında fermente nohut unu (FNU), fermente fasulye unu (FFU) ve fermente sarı bezelye unu (FBU) %5 oranlarında, spirulina tozu (SRT) %2, mantar tozu (MNT) ise %4 oranında buğday unu ile yer değiştirme esasına göre kullanılmıştır (Tablo 2.1). Bazlama ingredientleri, Hobart mikserde (Hobart N50, Canada Instruments, North York, Ontario, Kanada) optimum hamur gelişimi elde edilinceye kadar yoğrulmuştur. Elde edilen hamurlar 30C'de %85 nispi nemde 1 saat süreyle fermantasyona (Nüve KD 200, Ankara, Türkiye) tabi tutulduktan sonra 2 eşit parçaya ayrılıp, yuvarlanarak, 6 dakika oda sıcaklığında dinlendirilmiştir. Dinlendirme işleminden sonra özel olarak yapılmış paslanmaz çelik çemberin içine yerleştirilen hamur parçası, boşluğu tamamen dolduracak şekilde ve 1 cm yüksekliğinde, merdane yardımıyla açılmıştır. Sonra örnekler 1500 W gücündeki elektrikli saç üzerinde 5.0 dakika (2.5 dakika bir yüzeyi, 2.5 dakika diger yüzeyi olmak üzere) pişirilmiştir.

2.4. Bazlama analizleri

Bazlama örneklerinin renk değerleri Minolta CR-400 (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. *L** (parlaklık), *a** (kırmızı, yeşil) ve *b** (sarı, mavi) değerleri tespit edilmiştir.

Üç farklı bazlama örneğinin beş ayrı noktasından çap (cm) ve kalınlık (cm) değerleri kumpas yardımı ile ölçüldükten sonra yayılma oranı, bazlama çaplarının, kalınlıklarına bölünmesiyle hesaplanmıştır.

© 2026 ISARC Academy

Tablo 2.1 Bazlama üretiminde kullanılan alternatif protein kaynakları ve fermente baklagil unu oranları

Un çeşidi	Buğday unu	SPT	MNT	FNU	FFU	FBU
Kontrol	100					
SPT	98	2				
MNT	96		4			
SPT + MNT	94	2	4			
FNU + SPT + MNT	89	2	4	5		
FFU + SPT + MNT	89	2	4		5	
FBU + SPT + MNT	89	2	4			5

Bazlama örneklerinin duyusal özellikleri (renk, görünüş, simetri, gözenek yapısı, elastikiyet, tat-koku ve genel beğeni), Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim elemanları ve lisansüstü öğrencilerinden oluşan 13 kişilik bir panelist grubu tarafından test edilmiştir. Söz konusu duyusal değerlendirmelerde, en olumsuzdan en olumluya doğru sıralanan (1: aşırı kötü, 7: mükemmel) 7'li hedonik skala tercih edilmiştir.

Çalışmada elde edilen veriler, JMP istatistik yazılımı (Versiyon 10.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) aracılığıyla analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklar ise $p<0.05$ anlamlılık seviyesinde HSD Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılarak belirlenmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Renk

Alternatif protein kaynakları ve fermente baklagil unu ilavesi ile hazırlanan bazlama örneklerine ait kabuk renk değerleri Tablo 3.1 de verilmiştir. En yüksek parlaklık değeri buğday unundan hazırlanan kontrol bazlama ekmeğinde bulunmuştur. Bunu sırasıyla MNT, SPT, FFU + SPT + MNT, FNU + SPT + MNT ve SPT + MNT ilaveli bazlama örnekleri takip etmiştir. En düşük parlaklık değeri ise FBU + SPT + MNT kombinasyonunun kullanıldığı bazlama ekmeğinde belirlenmiştir. Fermente baklagil unları ve alternatif protein kaynaklarının hepsi bazlama ekmeğinin parlaklık değerini kontrole göre düşürmüştür. Fermente baklagil unları ve alternatif protein kaynakları bazlama formülasyonunda yer alan buğday unuyla yer değiştirme esasına göre kullanılmıştır. Buğday ununun bu hammaddelerden daha parlak renge sahip olması bazlama yüzey renginin koyulaşmasında etkili olmuş olabilir. Diğer taraftan hem fermente baklagil unlarının hem de alternatif protein kaynaklarının buğday ununa kıyasla çok daha yüksek protein içerikleri Maillard reaksiyonunu artırarak rengin koyulaşmasında etkili olmuş olabilir. MNT bazlama yüzey kırmızılığını kontrol örneğe göre artırmış ve tüm örnekler içinde en yüksek kırmızılık değeri MNT ilavesi ile elde edilmiştir. SPT nin koyu yeşil rengi ilave edildiği tüm örneklerde baskın bir yeşil rengin oluşmasına neden olarak a* değerinin negatif yönde artmasına neden olmuştur. Tüm örnekler içinde negatif a* değeri en yüksek örnek SPT ilaveli bazlama örneği olmuştur. Fermente baklagil unları ile alternatif protein kaynaklarının birlikte kullanıldığı örneklerin a* değerleri ise aynı grupta yer almış ve SPT ilaveli örneklerin a* değerlerini takip etmiştir. Bazlama örneklerinin b* değerleri 11.52 ile 20.20 arasında değişim göstermiştir. Kontrol bazlama örneği en yüksek sarılık değerine sahip olmuş, bunu MNT ilaveli bazlama örneklerinin b* değerleri takip etmiştir. SPT, FFU + SPT + MNT ve FBU + SPT + MNT ilaveli örnekler aynı grupta yer alıp en düşük b* değerlerine sahip olmuşlardır.

© 2026 ISARC Academy

Tablo 3.1. Alternatif protein kaynakları ve fermente baklagil unu ilavesi ile hazırlanan bazlama örneklerine ait renk değerleri

Un çeşidi	L*	a*	b*
Kontrol	77,11±0,16 a	0,19±0,02 b	20,20±0,07 a
SPT	49,23±0,33 c	-3,82±0,45 e	11,67±0,10 e
MNT	61,87±0,52 b	2,98±0,12 a	18,25±0,09 b
SPT + MNT	44,13±0,18 f	-1,36±0,08 c	13,07±0,25 d
FNU + SPT + MNT	45,37±0,09 e	-3,11±0,15 d	13,72±0,11 c
FFU + SPT + MNT	46,13±0,18 d	-2,44±0,19 d	11,52±0,10 e
FBU + SPT + MNT	41,56±0,12 g	-2,84±0,06 d	11,74±0,13 e

Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). SPT: Spirulina tozu, MNT: Mantar tozu, FNU: Fermente nohut unu, FFU: Fermente fasulye unu, FBU: Fermente sarı bezelye unu

Zhao ve ark. (2026) %0.4, 0.8, 1.2 ve 1.6 oranlarında SPT'yi ekmek üretiminde kullandıkları çalışmada, artan oranda SPT ile L* ve a* değerlerinin düşerken b* değerinin arttığını belirlemişlerdir. L*, a* ve b* değerleri kontrol örnekte 81.57, -0.14 ve 17.92 iken %1.6 SPT ilaveli ekmeklerde bu değerlerin sırasıyla 51.44, -5.58 ve 26.12 olduğunu rapor etmişlerdir.

Losoya-Sifuentes ve ark. (2021) %5, 10, 15 ve 20 oranlarında MNT'nu ekmek üretiminde kullandıkları çalışmalarında L*, a* ve b* değerlerini kontrol ekmekte 64.64, 5.78 ve 19.32 olarak bulurken, %5 MNT ilaveli ekmeklerde aynı değerleri sırasıyla 53.89, 11.13 ve 26.25 olarak belirlemişlerdir.

4.2. Çap, kalınlık ve yayılma oranı

Alternatif protein kaynakları ve fermente baklagil unu ilavesi ile hazırlanan bazlama örneklerine ait çap, kalınlık ve yayılma oranı değerleri Tablo 3.2 de verilmiştir. Bazlama örneklerinin çap değerleri 16.4 cm ile 16.9 cm arasında değişmiş olup, en düşük değer kontrol bazlama örneğinde en yüksek değer ise SPT + MNT ilaveli örnekte belirlenmiştir. Diğer bazlama örneklerinin çap değerleri istatistiki olarak aynı grupta yer almış ve birbirine çok yakın değerler sergilemiştir. Sonuçlar sayısal olarak değerlendirildiğinde tüm fermente baklagil unları ve alternatif protein kaynaklarının kontrole göre çapta çok hafif bir artışa neden olduğu görülmektedir. Sadece SPT + MNT ilaveli örnekte bu artış istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Bazlama örneklerinin kalınlık değerleri 1.27 cm ile 1.45 cm arasında değişim göstermiş ve fermente baklagil unları ve alternatif protein kaynaklarının ilavesi bazlamanın kalınlık değerinde farklılığa ($p>0.05$) neden olmamıştır. Sonuçlar sayısal olarak değerlendirildiğinde ise SPT ve SPT + MNT ilaveli örneklerin kalınlık değerlerinin kontrolden hafif düşük, diğer örneklerin ise kontrolden hafif yüksek olduğu görülmektedir. Bazlama örneklerinin yayılma oranı değerleri 11.54 ile 13.31 arasında değişim göstemiştir. SPT + MNT ilaveli örneğin yayılma oranı FBU + SPT + MNT ilaveli bazlama örneğinin yayılma oranı değerinden yüksek ($p<0.05$) bulunmuştur.

Tablo 3.2. Alternatif protein kaynakları ve fermente baklagil unu ile hazırlanan bazlama örneklerine ait bazı fiziksel analiz sonuçları

Un çeşidi	Çap (cm)	Kalınlık (cm)	Yayılma oranı
Kontrol	16,4±0,14 b	1,33±0,03 a	12,33±0,04 ab
SPT	16,5±0,28 ab	1,30±0,07 a	12,69±0,13 ab
MNT	16,7±0,28 ab	1,35±0,06 a	12,37±0,04 ab
SPT + MNT	16,9±0,00 a	1,27±0,04 a	13,31±1,14 a

© 2026 ISARC Academy

FNU + SPT + MNT	16,5±0,28 ab	1,43±0,04 a	11,54±0,05 ab
FFU + SPT + MNT	16,6±0,14 ab	1,39±0,08 a	11,94±0,06 ab
FBU + SPT + MNT	16,6±0,14 ab	1,45±0,03 a	11,45±0,07 b

Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). SPT: Spirulina tozu, MNT: Mantar tozu, FNU: Fermente nohut unu, FFU: Fermente fasulye unu, FBU: Fermente sarı bezelye unu

4.3. Duyusal özellikler

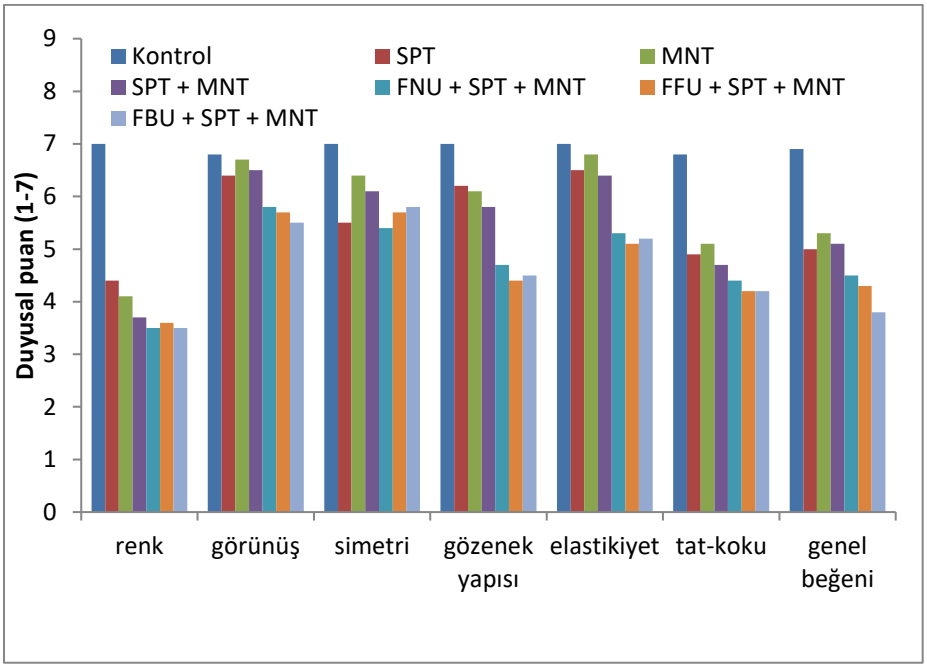
Bazlama örneklerine ait duyusal analiz sonuçları Şekil 3.1. de verilmiştir. Kontrol bazlama örneği ile karşılaştırıldığında; alternatif protein kaynaklarının tek başına yada fermente baklagil unu ile birlikte kullanımı ile hazırlanan bazlama örneklerinin renk puanlarının düştüğü görülmektedir. MNT nin kahverengimsi, SPT nin ise baskın yeşil rengi panelistlerin beğenisini olumsuz etkilemiştir. Diğer taraftan bu alternatif protein kaynaklarının, fermente baklagil unları ile kombinasyonu ile üretilen bazlama ekmeklerinin renklerinin, alternatif protein kaynaklarının tek başına kullanımına göre biraz daha düşük puanlarla değerlendirildiği Şekil 3.1 den görülmektedir. Bazlama örneklerinin görünüş puanları değerlendirildiğinde; SPT ve MNT nun tek başına yada kombinasyon halinde kullanıldığı örneklerde görünüş puanlarının kontrole yakın olduğu görülmektedir. Ancak alternatif protein kaynaklarının fermente baklagil unları ile birlikte kullanıldığı örneklerde görünüş puanları düşmüş ve en fazla düşüş FBU + SPT + MNT kombinasyonunda gerçekleşmiştir. Alternatif protein kaynaklarının fermente baklagil unları ile birlikte kullanıldığı örneklerde oransal olarak gluten miktarının daha fazla seyrelmiş olması görünüş puanının düşmesinde etkili olmuş olabilir. Bazlama örneklerinin simetri puanlarıda alternatif protein kaynağı ve fermente baklagil unu kullanımından etkilenerek, hafif bir düşüş göstermiştir. Bazlamaların gözenek puanları 4.4 ile 7.0 arasında değişim göstermiş, SPT ve MNT nun tek başına kullanıldığı örneklerin gözenek puanları kontrole daha yakın puanlar toplarken, fermente baklagil unlarının alternatif protein kaynakları ile birlikte kullanıldığı örnekler çok daha düşük gözenek puanları ile değerlendirilmişlerdir. Daha önce de belirtildiği gibi alternatif protein kaynaklarının fermente baklagil unları ile birlikte kullanıldığı örneklerde oransal olarak gluten miktarının daha fazla seyrelmiş olması gözenek yapısının bozulmasında da etkili olmuştur. Kombine kullanım elastikiyetin de daha düşük puanlarla değerlendirilmesine neden olmuştur. Bazlamaların tat-koku puanları 4.2 ile 6.8 arasında değişim göstermiş, kombinasyon örneklerinde daha fazla olmak üzere kullanılan tüm alternatif protein kaynakları ve fermente baklagil unları tat-koku puanlarını düşürmüştür. SPT nun yosunumsu, MNT nun kendine has tat-kokusu, formülasyona düşük oranlarda ilave edilseler de hissedilmiştir. Fermente baklagil unları ile birlikte kullanıldıklarında, fermentasyonun etkisiyle açığa çıkan aroma bileşikleriyle birleşerek daha baskın tat-koku sergilemişlerdir. Örneklerin genel beğeni puanları da kombinasyon örneklerinde daha düşük bulunmuştur. En düşük genel beğeni puanı FBU + SPT + MNT kombinasyonu ilaveli bazlama örneğinde belirlenirken, bunu sırasıyla FFU + SPT + MNT ve FNU + SPT + MNT ilaveli bazlama örneklerinin genel beğeni puanları takip etmiştir. Alternatif protein kaynakları ve fermente baklagil unlarının ilavesi başta seyrelen gluten miktarı olmak üzere kendi fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki farklılıklar ile bazlama duyusal özellikleri üzerinde etkili olmuşlardır.

İlhan ve ark. (2020) SPT'yi %0.1, 0.5, 1 ve 3 oranlarında ekmek üretiminde kullandıkları çalışmada; kontrol örneği ile karşılaştırıldığında %1 SPT kullanımının tekstür, çiğneme özelliği ve genel beğeniyi, %3 SPT kullanımının ise dış renk, gözenek yapısı, koku ve lezzeti düşürdüğünü belirlemişlerdir.

Sanjari ve ark. (2018) ekmek üretiminde SPT, spirulinanın etanol ve metanol ekstraktlarını ayrı ayrı kullanmıştır. %1 oranında SPT kullanımının sertlik, elastikiyet, çiğnenebilirlik, renk, gözenek yapısı, tat ve koku puanlarını düşürdüğü belirlenmiştir.

Dhillon ve Mahajon (2023) MNT nu %5, 10, 15 ve 20 oranlarında düz ekmek üretiminde kullanmışlar ve duyusal değerlendirme sonucunda %15 MNT ilaveli ekmeklerin en fazla beğenilen ekmekler olduğunu rapor etmişlerdir.

© 2026 ISARC Academy



Şekil 3.1. Alternatif protein kaynakları ve fermente baklagil unu ilavesi ile hazırlanan bazlama örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

4. SONUÇ

Bu çalışmada alternatif protein kaynakları tek başına yada fermente baklagil unları ile kombinasyon halinde bazlama formülasyonunda kullanılmış ve bazlamanın bazı kalite özellikleri üzerindeki etkisi ortaya konmuştur. Alternatif protein kaynakları hem tek başına hem de fermente baklagil unları ile birlikte kullanıldıklarında bazlamanın yüzey parlaklığını ve sarılığını kontrole göre düşürmüştür. SPT kullanıldığı tüm bazlama formülasyonlarında bazlama ekmeklerine yeşilimsi renk kazandırmıştır. Bazlama kalınlığı eklenen alternatif protein kaynağı ve fermente baklagil unlarından etkilenmemiştir. FBU + SPT + MNT kombinasyonu ile üretilen bazlama ekmeği sayısal olarak en düşük yayılma oranı değerine sahip olmuştur, aynı zamanda bu kombinasyon genel beğeni açısından en az beğenilen örnek olmuştur.

KAYNAKLAR

Akbaş, B.E. (2000). Mısır ekmeğinin bazı özellikleri ve yapım yöntemlerinin fitik asit miktarı üzerine etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Alam, D.S.M., Raza, M.S. (2001). Importance of Mushrooms, NIA, Tando Jam, Pakistan.

Chavan, U., Chavan, J., Kadam, S. (1988). Effect of fermentation on soluble proteins and in vitro protein digestibility of sorghum, green gram and sorghum-green gram blends. J Food Sci 53:1574–1575

Dhillon, G.K., Mahajan, M. (2023). Enhancing nutritional quality of unleavened wheat flatbread using oyster mushroom flour. Mushroom Research 32 (2) : 141-147, 2023

Fredrikson, M., Biot, P., Alminger, M.L., Carlsson, N.G., Sandberg, A.S. (2001). Production process for high-quality pea-protein isolate with low content of oligosaccharides and phytate. J Agric Food Chem 49:1208–1212

© 2026 ISARC Academy

Frias, J., Miranda, M.L., Doblado, R., Vidal-Valverde, C. (2005). Effect of germination and fermentation on the antioxidant vitamin content and antioxidant capacity of Lupinus albus L. var. Multolupa. Food Chem 92:211–220.

Granito, M., Frias, J., Doblado, R., Guerra, M., Champ, M., Vidal-Valverde, C. (2002). Nutritional improvement of beans (Phaseolus vulgaris) by natural fermentation. Eur Food Res Technol 214:226–231.

Hussein, A., Ibrahim, G., Kamil, M. (2021). Spirulina-enriched pasta as functional food rich in protein and antioxidant, Biointerface Res. Appl. Chem. 11 14736–14750, https://doi.org/10.33263/briac116.1473614750.

İlhan, E., Büyükizgi, A., Ermiş, E. (2020). Mavi-yeşil alg *Spirulina platensis'* in buğday ekmeğinde kimyasal, duyusal ve antifungal etkisi, Journal of Food and Feed Science - Technology 24: 22-29

Koca, A.F., Yazıcı, F., Anıl, M. (2002). Utilization of soy yoghurt in tarhana production. Eur. Food Res. Technol. 215 (4), 293–297.

Kusumastuti, M.R., Yuliani, S.C., Hidayat, (2024). Modification techno-functional properties of Spirulina protein concentrates (Arthrospira platensis) as O/W emulsifier by conjugation and electrostatic complexations, Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 95 103727, https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103727.

Liu, S., Han, Y., Zhou, Z. (2011). Lactic acid bacteria in traditional fermented Chinese foods. Food Res Int 44:643–651. doi:10.1016/j.foodres.2010.12.034

Maddiboyina, B.., Vanamamalai, H.K., Roy, H. (2023). Food and drug industry applications of microalgae Spirulina platensis: a review, J. Basic Microbiol. 63 573–583, https://doi.org/10.1002/jobm.202200704.

Salehi, F. (2019). Characterization of different mushrooms powder and itsapplication in bakery products: A review. Internatıonal Journal of Food Propertıes 22, 1, 1375–1385https://doi.org/10.1080/10942912.2019.16507

Sanjari, S., Sarhadi, H., Shahdadi, F. (2018). Investigating the effect of *Spirulina platensis* microalgae on textural and sensory properties of baguette bread. Journal of Nutrition and Food. 3(4): 218-225

Singh, Kumar, C.G., Singh, S. (1995). Production, processing and consumption pattern of mushrooms, Indian Food Pack. 14, 38–47.

Spínola, M.P., Mendes, A.R., Prates, J.A.M. (2024). Chemical composition, bioactivities, and applications of Spirulina (Limnospira platensis) in food, feed, and medicine, Foods 13 3656, https://doi.org/10.3390/foods13223656.

Turp, G.Y, Boylu, M. (2018). Tıbbi ve yenilebilir mantarlar & et ürünlerinde kullanımı. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural, 28(1): 144-153

© 2026 ISARC Academy

TARHANA ÜRETİMİNDE KETEN VE CHİA TOHUMLARININ KULLANIM İMKANLARI

Büşra UYSAL

Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 42050, Meram, Konya

ORCID: 0000-0001-8225-4370

Nermin BİLGİÇLİ

Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 42050 Meram, Konya

ORCID: 0000-0001-5490-9824

ÖZET

Bu çalışmada keten tohumu:chia tohumu (KT:CT) paçalı farklı oranlarda tarhana formülasyonunda kullanılarak tarhananın bazı fiziksel ve duyusal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Kontrol tarhana üretiminde buğday unu kullanılmıştır. Diğer tarhanalarda KT:CT (50:50) paçalı, buğday unu ile %0, 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 oranlarında yer değiştirilerek kullanılmıştır. Tarhana örneklerinin L* değerleri 63.30-74.68 arasında değişim göstermiş ve artan oranda KT:CT kullanımı tarhanaların L* değerinin artmasına neden olmuştur. Kontrol tarhana örneği ile karşılaştırıldığında, %4 ve üzerinde KT:CT ilavesi tarhanaların a* değerini düşürürken b* değerinin artmasını sağlamıştır. Farklı oranlarda KT:CT paçalı kullanılarak üretilen tarhana örneklerine ait pH değerleri 4.29 ile 4.41 arasında değişim göstermiş ve %8-12 KT:CT ilave oranlarında tarhanaların pH değerlerinde düşüş gerçekleşmiştir. Tarhana çorbalarının duyusal özellikleri renk, görünüş, tat, koku, kıvam ve genel beğeni açısından değerlendirilmiş ve KT:CT ilavesi ile tarhanaların renk, görünüş ve tat puanlarında çok hafif azalmalar gerçekleştiği belirlenmiştir. KT:CT paçalının %8 ve üzerinde kullanımı genel beğeni puanında hafif bir düşüşe neden olsa da en yüksek KT:CT kullanım oranında (%12) üretilen tarhana bile genel beğeni sınırları içinde kalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarhana, keten tohumu, chia tohumu, renk, duyusal

POSSIBILITIES OF FLAXSEED AND CHIA SEEDS POWDER USAGE IN TARHANA PRODUCTION

ABSTRACT

This study investigated the effects of different ratios of flaxseed : chia seed (FS: CS) blend on some physical and sensory properties of tarhana. Control tarhana was produced with wheat flour. In the other tarhanas, flaxseed:chia seed (50:50) was replaced with wheat flour at 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12% ratios. The L* values of the tarhana samples ranged from 63.30 to 74.68, and increasing the proportion of the FS:CS blend resulted in higher L* values. Compared to the control sample, the addition of the FS:CS blend at levels of 4% and above decreased the a* values while increasing the b* values. The pH values of the tarhana samples produced with different ratios of the FS:CS blend ranged from 4.29 to 4.41, with a decrease in pH observed at addition levels of 8–12%. The sensory properties of the tarhana soups—color, appearance, taste, odor, consistency, and overall acceptability—were evaluated; the addition of the FS:CS blend resulted in very slight decreases in color, appearance, and taste scores. Although the

© 2026 ISARC Academy

use of 8% or more FS:CS results in a slight decline in the overall acceptability score, even the tarhana containing highest level (%12) of FS:CS remains within the acceptable range.

Key words: tarhana, flaxseed, chia seed, color, sensory

1. GİRİŞ

Keten tohumu, yaklaşık %40 lipit, %30 diyet lifi ve %20 protein içerir. Lipitlerin %75'i ve proteinin %76'sı kotiledonlarda bulunur. Keten tohumu önemli bir omega-3 yağ asiti, diyet lif, lignan ve fenolik madde kaynağıdır (Daun ve ark., 2003; Oomah, 2003; Rubilar ve ark. 2010). Keten tohumunun düzenli tüketimi; lipid profilini iyileştirmeye, kan basıncını, açlık kan şekerini ve insülin direncini düşürmeye yardımcı olabilmektedir. Ayrıca keten tohumu; antikanser ve antioksidan özellikleriyle öne çıkmakta; menopozla ilişkili semptomların, kabızlığın ve zihinsel yorgunluğun şiddetini önemli ölçüde azaltabilmektedir. Cilt sağlığını iyileştirebilmekte ve yara iyileşmesini hızlandırabilmektedir (Nowak ve Jeziorek, 2023).

Chia (*Salvia hispanica*), tohumları çok eski yıllardan beri tüketilen tek yıllık otsu bir bitkidir (Kulczyński ve ark. 2019). Chia tohumları yaklaşık 30–34 g diyet lifi içerir (%85–93'ü çözünmeyen lifi, %7–15'ini ise çözünür diyet lifi (Reyes-Caudillo ve ark. 2008; Marineli ve ark. 2015; Kulczyński ve ark. 2019). Chianın yağ asidi profili oldukça dikkat çekici olup, toplam yağ asitlerinin yaklaşık %60'ını oluşturan α-linolenik asit başta olmak üzere, yüksek oranda çoklu doymamış yağ asidi içermesiyle karakterizedir. Ayrıca chia tohumları, keten tohumuna kıyasla daha yüksek omega-3 asidi içeriğine sahiptir. (Peiretti ve Gai 2009; Ayerza ve Coates 2011; Ciftci ve ark. 2012; Nitrayova ve ark. 2014; Villanueva-Bermejo ve ark. 2019; Kulczyński ve ark. 2019). Chia tohumları yaklaşık %18–24 protein içeriği ile bitkisel protein açısından iyi bir kaynaktır. Diğer taraftan chia tohumları önemli miktarda mineral, vitamin ve fitakimyasal (gallik asit, kafeik asit, klorojenik asit, sinnamik asit, ferulik asit, kersetin, kaempferol, epikateşin, rutin, apigenin ve p-kumarik asit) içermektedir. Chianın içerdiği fonksiyonel bileşenler kan basıncını düşürücü, kan şekerini düşürücü, antimikrobiyal ve bağışıklık sistemini uyarıcı etkilere sahiptir. Diğer taraftan chia tohumları, su tutma ve jel oluşturma kapasiteleri sayesinde gıda teknolojisinde emülgatör ve stabilizatörler olarak kullanılabilmektedir (Kulczyński ve ark. 2019).

Bu çalışmada tarhananın besinsel ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek üzere farklı oranlarda KT:CT ikamesi yapılmış ve tarhananın fiziksel ve duyusal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Materyal

Tarhana üretiminde kullanılan hammaddeler (buğday unu, süzme yoğurt, domates salçası, soğan, ekmek mayası, tuz, kırmızı toz biber), keten tohumu ve chia tohumu Konya piyasasından temin edilmiştir.

Tarhana üretimi

Tarhana örnekleri, Bilgiçli (2009) tarafında verilen yönteme göre hazırlanmıştır. Kontrol tarhana üretiminde hammaddeler (200 g buğday unu, 80 g süzme yoğurt, 20 g domates salçası, 10 g soğan, 4 g kırmızı toz biber, 2 g tuz ve 5 g yaş maya) mikser (Hobart N50, Canada Inc., North York, Ontario, Kanada) kullanılarak karıştırılmıştır. Diğer tarhanalarda buğday unu %0, 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 oranlarında KT:CT (50:50) paçalıyla yer değiştirilerek kullanılmıştır. Hammaddeler karıştırıldıktan sonra hamur, 30°C'de 72 saat fermente edilmiş ardından 55°C'de 48 saat kurutulmuştur. Kurutulan numuneler, 1 mm'lik elek açıklığına sahip çekiçli değirmende granül haline getirilmiş ve kullanılana kadar oda sıcaklığında polietilen torbalarda saklanmıştır.

Tarhana analizleri

© 2026 ISARC Academy

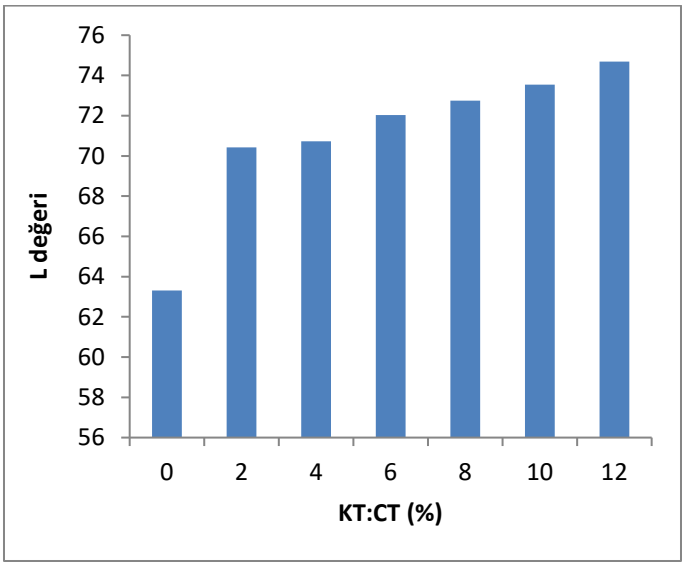
Tarhana örneklerinde renk ölçümü Minolta CR 400 (Konica, Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak L* değeri (parlaklık), a* değeri [(+) kırmızı; (-) yeşil] ve b* değeri [(+) sarı; (-) mavi] ölçülmüştür.

Kurutulmuş toz tarhana örneklerinin pH ölçümleri için 5 g örnek 50 ml saf suda çözülerek, pH metrede (WTW PH 315, Weilheim, Almanya) okuma gerçekleştirilmiştir.

Duyusal analizler Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde bulunan ve yaşları 30 ile 55 arasında değişen panelistler tarafından gerçekleştirilmiştir. Panelistler tarhana çorbalarını renk, görünüş, tat, koku, kıvam ve genel beğeni açısından değerlendirmişlerdir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Farklı oranlarda KT:CT paçalı ilave edilen tarhana örneklerine ait renk değerleri (L*, a* ve b*) ve öğütülmüş toz tarhana örneklerine ait görsel Şekil 3.1-3.4 de verilmiştir. Tarhana örneklerinin L* değerleri 63.30-74.68 arasında değişim göstermiştir. Kontrol örneği en düşük L* değerine sahip iken, artan oranda KT:CT kullanımı ile tarhanaların L* değerleri artış göstermiş ve en yüksek L* değerine %12 ilave oranında ulaşılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Farklı oranlarda KT:CT paçalı ilave edilen tarhana örneklerine ait L değerleri

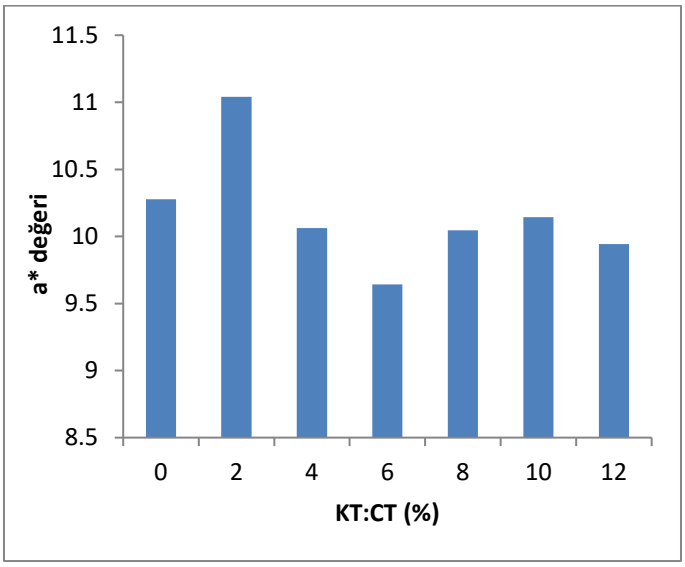


Şekil 3.2. Farklı oranlarda KT:CT paçalı ilave edilen öğütülmüş toz tarhana örnekleri

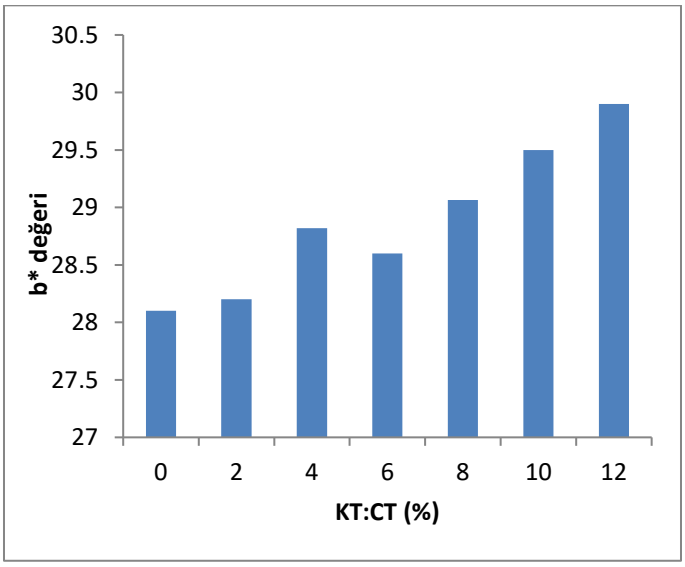
Farklı oranlarda KT:CT paçalı ilave edilen tarhana örneklerine ait a* değerleri karşılaştırıldığında; %2 KT:CT ilave oranında tarhananın a* değerinin kontrole göre yükseldiği, ancak daha yüksek ilave oranlarında kontrolden daha düşük a* değerlerinin ölçüldüğü görülmektedir (Şekil 3.3).

© 2026 ISARC Academy

Tarhana örneklerinin b* değerleri 28.1 ile 29.9 arasında değişim göstermiş %4 ve üzerinde KT:CT ilavesi ile tarhanaların b* değerinde kontrole göre hafif bir artış gerçekleşmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.3. Farklı oranlarda KT:CT paçalı ilave edilen tarhana örneklerine ait a* değerleri



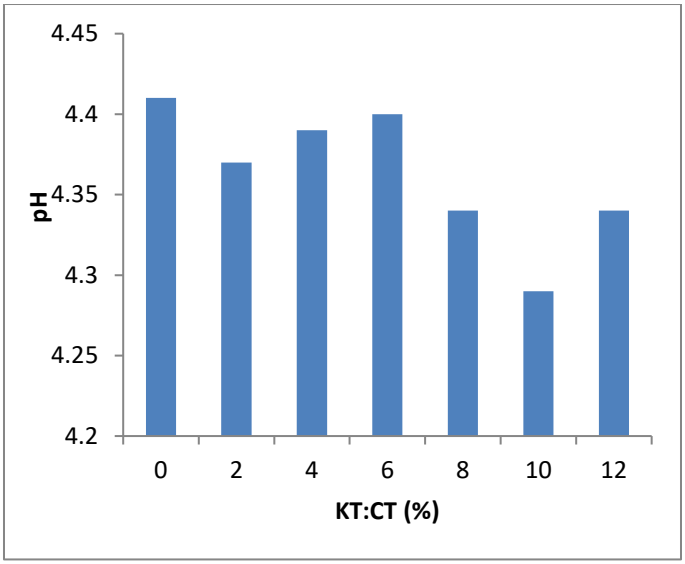
Şekil 3.4. Farklı oranlarda KT:CT paçalı ilave edilen tarhana örneklerine ait b* değerleri

Bilgiçli ve ark (2006) buğday unundan ürettiği tarhanada L*, a* ve b* değerlerini sırasıyla 94.67, 0.50 ve 13.76 olarak rapor etmiştir. Uygur (2014) tarhana üretiminde %0, 5, 10 ve 15 oranlarında KT kullandığı çalışmasında; kontrol tarhana için L*, a* ve b* değerlerini sırası ile 76.71, 9.28 ve 33.49 olarak belirlerken, KT ilaveli tarhanalarda bu değerler sırası ile 63.73-71.44, 6.99-8.31 ve 30.15-33.41 arasında değişim göstermiştir. Artan oranda KT kullanımı L* değerini düşürmüş, %10 ve üzerinde KT kullanımı ile a* ve b* değerlerinde de düşüş gerçekleşmiştir. Chetana ve ark. (2010), keten tohumunu farklı oranlarda (%10, 20, 30 ve 40) kek formülasyonunda kullanmışlar ve keten tohumu katkı oranının artmasıyla birlikte kek içindeki toplam renk değişimi değerlerinin arttığını belirlemişlerdir. Üçok ve ark. (2019) kinoa ununu 6 farklı oranda (% 0, 20, 40, 60, 80 ve 100) buğday unuyla ikame edilerek, tarhana üretiminde kullanılmıştır. Kontrol tarhanada L*, a* ve b* değerlerini sırası ile 79.39, 8.35 ve 34.57 olarak belirlerken, kinoa unu ilaveli tarhanalarda bu değerler sırası ile 73.09-76.19, 6.96-7.96 ve 28.28-

© 2026 ISARC Academy

30.82 arasında değişim göstermiştir. Literatürde verilen çalışmalarda KT yada diğer pseudocerealların tarhana üretiminde yüksek oranlarda oranlarda kullanıldığı görülmektedir. Ancak mevcut çalışmada KT:CT paçalı tarhana üretiminde en fazla %6:%6 (%12) oranında kullanıldığından, literatürdeki verilelerle arasında farklılıklar gözlenmiştir. Ayrıca tarhana formülasyonunda buğday unu ile yer değiştirme esasına göre kullanılan her bir ingredient/katkı maddesinin farklı renk ve kimyasal kompozisyona sahip olması da nihai ürün tarhananın renk değerleri üzerinde etkili olmuştur.

Farklı oranlarda KT:CT paçalı kullanılarak üretilen tarhana örneklerine ait pH değerleri Şekil 3.5 de verilmiştir. Tüm tarhana örnekleri içinde en yüksek pH değeri kontrol tarhana örneğinde ölçülürken, en düşük değer %10 KT:CT paçalı ilaveli tarhana örneğinde belirlenmiştir. %2-6 KT:CT ilave oranlarında kontrol örneğe yakın pH değerleri ölçülürken, %8-12 ilave oranlarında pH da hafif bir düşüş gerçekleşmiştir. Bilgiçli ve İbanoğlu (2007) buğday unundan hazırlanan kontrol tarhana örneğinde pH değerini 4.25 olarak belirlemiştir. Uygur (2014) tarhana üretiminde %0, 5, 10 ve 15 oranlarında KT kullandığı çalışmasında tarhana asitliğini (laktik asit cinsinden) sırasıyla %0.84, 0.88, 0.78 ve 0.74 olarak rapor etmiştir. Asitlik değerleri arasında önemli farklılık belirlense de, standart sapmaların çok küçük olmasından dolayı matematiksel olarak bu farklılıkların tesadüfi hatalardan kaynaklandığı ifade edilmiştir.

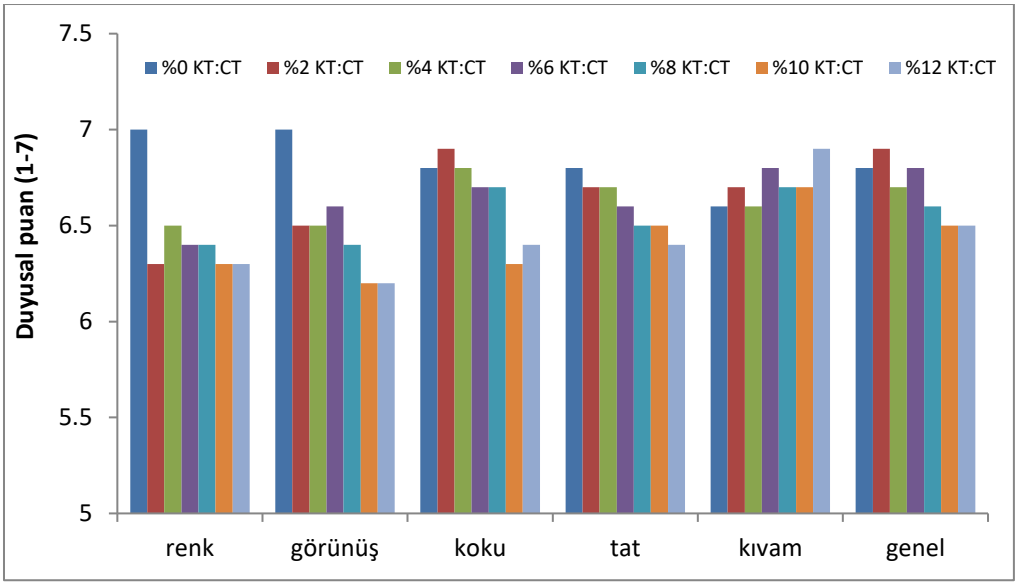


Şekil 3.5. Farklı oranlarda KT:CT paçalı ilave edilen tarhana örneklerine ait pH değerleri

Farklı oranlarda KT:CT paçalı ilave edilen tarhana örneklerinden üretilen tarhana çorbalarına ait duyusal analiz sonuçları Şekil 3.6 da, tarhana çorbalarına ait görsel Şekil 3.7 de verilmiştir. Tarhana çorbalarının renk puanları 6.3-7.0 arasında değişmiş olup, kontrol tarhana çorbası panelistler tarafından en yüksek puan ile değerlendirilmiştir. KT:CT ilaveli tarhana çorbası örneklerinin renk puanları ise birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Tarhana çorbalarının görünüş puanları değerlendirildiğinde; renk değerlerinde olduğu gibi kontrol örneğin KT:CT ilaveli tarhana çorbası örneklerinden daha yüksek görünüş puanına sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.6). KT:CT ilaveli tarhana çorbası örnekleri kendi aralarında karşılaştırıldığında ise, %10-12 ilave oranlarında görünüş puanlarının diğer ilave oranlarına göre düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Ancak KT:CT ilavesi ile kontrole kıyasla renk ve görünüşte gerçekleşen bu düşüşler oldukça sınırlı kalmıştır. %8 KT:CT ilave oranına kadar tarhana çorbası örneklerinin koku puanları kontrole eşdeğer yada kontrolden daha yüksek bulunmuş, %10-12 ilave oranlarında ise düşüş gerçekleşmiştir. Tarhana çorbası örneklerinin tat puanları panelistler tarafından 6.4 ile 6.8 arasında değerlendirilmiş, genel olarak artan KT:CT oranına bağlı olarak tat beğenisinde hafif bir azalma gerçekleşse de sayısal olarak puanlar birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Yüksek KT:CT ilave oranlarında tarhana çorbalarının kıvam puanlarında hafif bir artış gerçekleşmiştir. Sonuçlar genel beğeni puanları açısından değerlendirildiğinde; tat puanlarında olduğu gibi, yüksek KT:CT ilavesi tarhananın genel beğeni puanlarında da hafif bir düşüşe neden olmuştur. Kontrol örnekte 6.8 olan genel

© 2026 ISARC Academy

beğeni puanı %10-12 KT:CT ilave oranlarında 6.5 e düşmüştür. Yüksek KT:CT ilave oranlarında bile tarhanaların genel beğeni puanlarının genel beğeni sınırları (5 puanın üzerinde) içinde kaldığı görülmektedir. Uygur (2014) tarhana üretiminde %0, 5, 10 ve 15 oranlarında KT kullandığı çalışmasında; %5 KT kullanılan tarhana çorbalarının görünüş, kıvam, tat ve koku, genel beğeni puanlarının kontrol ile aynı grupta yer aldığını, daha yüksek oranlarda KT kullanımı ile duyusal puanların düştüğünü belirlemiştir. Üçok ve ark. (2019) kinoa ununu farklı oranlarda (%0-100) tarhana üretiminde kullandıkları çalışmalarında, kinoa ilaveli tüm tarhana örneklerinin kumluluk hariç tüm duyusal özeliklerinin (renk, tat, koku, kıvam, ekşilik ve genel beğeni) kontrole eşdeğer olduğu rapor edilmiştir. Bilgiçli ve ark (2006) buğday rüşeymini farklı oranlarda (%0, 10, 25 ve 50) tarhana üretiminde kullandıkları çalışmada %10 ve 25 buğday rüşeymi ilaveli tarhanaların genel kabul edilebilirlik değerlerinin kontrole eşdeğer olduğunu, yüksek kullanım oranında (%50) genel kabul edilebilirlik değerinin düştüğünü rapor etmişlerdir. Çevik (2016) kinoa, karabuğday ve lupini farklı oranlarda (%0, 10, 20, 30 ve 40) tarhana üretiminde kullandığı çalışmasında, duyusal analize dahil ettiği tarhana örneklerinin tat, koku, renk, kumluluk, ekşilik ve genel beğeni puanlarının 4,00 ila 4,95; 4,05 ila 4,95; 3,90 ila 4,95; 4,20 ila 4,90; 3,90 ila 4,85 ve 4,35 ila 4,91 aralığında değiştiğini rapor etmiştir.



Şekil 3.6. Farklı oranlarda KT:CT paçalı ilave edilen tarhana örneklerine ait duyusal analiz sonuçları



Şekil 3.7. Farklı oranlarda KT:CT paçalı ilave edilen tarhana çorbaları

4. SONUÇ

Bu çalışmada tarhana formülasyonunda farklı oranlarda KT:CT kullanımının tarhanannın bazı fiziksel ve duyusal özellikleri üzerine etkisi ortaya konmuştur. Tarhana üretiminde artan oranda KT:CT

kullanımı tarhanaların L* değerinin artmasına, %4'ün üzerinde KT:CT ilavesi ise tarhanaların a* değerini düşürürken b* değerinin artmasına neden olmuştur. Yüksek oranlarda KT:CT kullanımı ile tarhanaların pH değerlerinde düşüş gerçekleşmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre, yüksek KT:CT kullanım oranında genel beğeni puanlarında çok hafif bir azalma gerçekleşmiştir.

KAYNAKLAR

Ayerza, R. (1995). Oil Content and fatty acid composition of Chia (Salvia hispanica L.) from five northwestern locations in Argentina. J. Am. Oil Chem. Soc. 72, 1079–1081.

Bilgiçli, N., (2009). Effect of buckwheat flour on chemical and functional properties of tarhana, LWT-Food Science and Technology, 42, 514-518.

Bilgiçli, N., Elgün, A., Herken, E.N. Türker, S., Ertaş, N., İbanoğlu, Ş. (2006). Effect of wheat germ/bran addition on the chemical, nutritional and sensory quality of tarhana, a fermented wheat flour-yoghurt product. Journal of Food Engineering, 77, 680–686.

Bilgiçli, N., İbanoğlu, Ş. (2007). Effect of wheat germ and wheat bran on the fermentation activity, phytic acid content and colour of tarhana, a wheat flour–yoghurt mixture, Journal of Food Engineering 78, 681–686

Chetana Sudha M.L., Begum K., Ramasarma P.R., (2010). Nutritional characteristics of linseed/flaxseed (L*inum usitatissimum*) and ıts application in muffin making. Journal of Texture Studies, 41 (4): 563-578.

Ciftci, O.N.; Przybylski, R.; Rudzi´nska, M. Lipid components of flax, perilla, and chia seeds. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2012, 114, 794–800.

Çevik, A. (2016). Tarhananın besinsel zenginleştirilmesinde kinoa, karabuğday ve lüpen unlarının kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.

Daun, J., Barthet, V., Chornick, T., Duguid, S. (2003). Structure, composition, and variety development of flaxseed. In: Thompson, L., Cunanne, S. edition. Flaxseed in Human Nutrition. 2nd edition Champaign, Illinois, pp. 1-40

Marineli, R., Lenquiste, S.A., Moraes, E.A., Marostica, M.R., Jr. (2015). Antioxidant potential of dietary chia seed and oil (Salvia hispanica L.) in diet-induced obese rats. Food Res. Int. 76, 666–674.

Nitrayova, S. Brestensky, M. Heger, J. Patras, P. Rafay, J. Sirotkin, A. (2014).Amino acids and fatty acids profile of chia (Salvia hispanica L.) and flax (Linum usitatissimum L.) seed. Potravinarstvo, 8, 72–76.

Oomah, B., 2003. Processing of flaxseed fiber, oil, protein, and lignan. In:Thompson, L., Cunnane, S. Editores. Flaxseed in Human Nutrition. 2n . Edn. Champaing, Illinois. 363-386

Peiretti, P.G., Gai, F. (2009). Fatty acid and nutritive quality of chia (Salvia hispanica L.) seeds and plant during growth. Anim. Feed Sci. Technol. 148, 267–275.

Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., Valdivia-Lopez, M.A. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (Salvia hispanica L.) seeds. Food Chem. 107, 656–663.

Uygur, A. (2014). Infrared (Kızılötesi) Uygulamasının Keten Tohumunun Kimyasal Ve Duyusal Özellikleri İle Siyanojenik Glukozid İçeriğine Etkisi Ve İşlenmiş Keten Tohumunun Tarhanada Kullanımı. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale

Üçok, G., Cankurtaran, T, Demir, M. K. (2019). Geleneksel tarhana üretiminde kinoa ununun kullanımı. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Derg, 23(1): 22-30

© 2026 ISARC Academy

Villanueva-Bermejo, D. Calvob, M.V. Castro-Gómez, P. Fornaria, T. Fontecha, J. (2019).Production of omega 3-rich oils from underutilized chia seeds. Comparison between supercritical fluid and pressurized liquid extraction methods. Food Res. Int. 15, 400–407.

© 2026 ISARC Academy

INVESTIGATION OF THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION OF *ACHILLEA MILLEFOLIUM* L. AND SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF ITS POTENTIAL MEDICAL AND BIOLOGICAL APPLICATIONS

Ph.D. SURA RAHIMOVA

Nakhchivan State University, Faculty Of Medicine, Department Of Pharmacy and Biochemistry, Nakhchivan, Azerbaijani

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-5867-5254

Ph.D. GUNAY GULIYEVA

Nakhchivan State University, Faculty Of Medicine, Department Of Pharmacy and Biochemistry, Nakhchivan, Azerbaijani

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-7445-6510

SOLMAZ ASGEROVA

Nakhchivan State University, Faculty Of Medicine, Department Of Pharmacy and Biochemistry, Nakhchivan, Azerbaijani

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-9598-3059

FATIMEYI ZEHRA HIDAYETZADE

Nakhchivan State University, Faculty of Medicine, Department of Pharmacy and Biochemistry, Nakhchivan, Azerbaijan

ORCID ID: https//orcidorg/0009-0003-3362-6587

Abstract

This study investigated the distribution, beneficial properties, and phytochemical composition of *Achillea millefolium* L. occurring in the Shahbuz district of the Nakhchivan Autonomous Republic, Azerbaijan. The species is widely distributed worldwide, including throughout Azerbaijan. Plant samples were collected, dried, and analyzed for their phytochemical composition using spectrophotometric methods. Based on the observed absorption wavelengths, chlorogenic acid and caffeic acid, belonging to the phenolic acid group, were tentatively identified in the plant extract. Among the flavonoids, apigenin derivatives, luteolin derivatives, and quercetin glycosides were also suggested to be present.

Key words: Achillea millefolium, phytochemical, medicinal, spectrophotometric, acids

Introduction. Medicinal plants, including *Achillea millefolium* L., have been used for centuries because of their beneficial effects on human health. Different parts of the plant, such as the flowers, leaves, and stems, are used for various purposes due to the presence of diverse biologically active compounds that may have potential significance in the prevention and treatment of diseases (1).

Achillea millefolium L., commonly known as common yarrow, is a perennial medicinal plant belonging to the family Asteraceae. It is of considerable importance in pharmacognosy and phytochemistry due to

© 2026 ISARC Academy

its diverse chemical composition, which includes essential oils, phenolic compounds, flavonoids, sesquiterpene lactones, coumarins, tannins, and other biologically active substances (6).

The family *Asteraceae*, the largest family of flowering plants, is distributed worldwide, with many representatives occurring in arid and semi-arid regions of subtropical and temperate zones. The genus Achillea comprises approximately 130 species of perennial flowering plants, distributed predominantly throughout Europe and the temperate regions of Asia, with several species also occurring in North America. These plants generally possess hairy, aromatic leaves and flat-topped inflorescences composed of small flowers. Owing to the diversity of their flower colours, several Achillea species are widely cultivated as ornamental garden plants. The name Achillea is derived from Achilles, the legendary Greek hero of the Trojan War, and reflects the historical association of the genus with traditional medicinal practices (8).

Plant-derived medicinal preparations and formulations represent important resources for promoting health, preventing diseases, and improving overall well-being. Since ancient times, people have relied on plant-based remedies because of their accessibility and affordability, as well as their perceived therapeutic benefits. However, the adverse effects associated with modern medicines have become an important concern in contemporary healthcare, highlighting the need to investigate potentially safer and effective therapeutic alternatives (7).

Among the species of this genus, Achillea millefolium L. is particularly well known for its long-standing use in traditional medicine, extending over 3,000 years. Its diverse phytochemical profile has attracted considerable scientific interest, particularly regarding its potential pharmacological properties and possible applications in the prevention and management of various health conditions (9).

The name of the genus Achillea is associated with Achilles, the Greek hero who participated in the Trojan War, as described in Homer's Iliad. According to legend, Achilles used yarrow to treat the wounds of his soldiers. Most species belonging to the genus Achillea are considered medicinal plants and are used for various therapeutic purposes. Several review articles have examined different aspects of the medicinal properties and significance of this genus. A recent review by Si et al. focused primarily on the chemical structures of the phytochemical constituents of Achillea, while also briefly discussing their biological properties (13).

Both wild and commercially cultivated forms of Achillea millefolium L. are used for their nutritional and medicinal properties. Although studies have shown that the two forms share similar chemical profiles, differences have been observed in the concentrations of individual compounds (5).

Wild specimens of A. millefolium L. tend to contain higher levels of carbohydrates, organic acids, unsaturated fatty acids, and tocopherols. In contrast, commercial samples obtained from a local company specializing in the production of Mediterranean plants have been reported to contain higher concentrations of fats, proteins, sugars, and flavonoids. These variations may influence the biological activity of the plant (4).

Studies have identified various phytochemicals in A. millefolium L., including terpenoids such as camphor, monoterpenes, and sesquiterpenes. Thymol and carvacrol have been detected in its essential oil, whereas flavonoids such as apigenin, rutin, and lutein have been identified in polar extracts. In addition, other biologically active compounds, including morin, myricetin, naringin, and naringenin, have been reported in A. millefolium L. (2).

An analysis of the literature indicates that numerous studies have investigated the pharmacological, immunological, biological, and other therapeutic activities of these valuable medicinal plants. The available evidence regarding these activities is reviewed in the present article (4).

Traditional Uses

Owing to the widespread distribution of the genus Achillea across different regions of the world, its species have long been used by local populations in folk medicine and as traditional herbal remedies. According to the literature, these plants have traditionally been used as tonics and as anti-inflammatory,

© 2026 ISARC Academy

antispasmodic, diaphoretic, diuretic, and emmenagogue agents. In Persian traditional medicine, they have also been used to treat bleeding, pneumonia, and rheumatic pain, as well as to promote wound healing (7).

Many of these traditional uses have been investigated in more recent experimental and clinical studies. Herbal teas prepared from various Achillea species are widely used in folk medicine, particularly for the management of gastrointestinal disorders. Nevertheless, several properties of Achillea species remain insufficiently investigated, highlighting the need for further research to clarify their phytochemical composition, pharmacological mechanisms, therapeutic potential, and safety (14).

Phytochemical Constituents

The genus Achillea includes aromatic species that produce substantial amounts of essential oils. Monoterpenes are among the most characteristic metabolites found in the volatile oils of Achillea species. However, some studies have also reported sesquiterpenes occurring at higher concentrations than monoterpenes.

As mentioned in the discussion of traditional uses, Achillea species are well-known medicinal plants with anti-inflammatory properties. In addition to alkamides, sesquiterpenes have attracted considerable attention as another important group of secondary metabolites, with several compounds considered to possess significant anti-inflammatory activity (12).

Oxidative stress is associated with diabetes, making Achillea species of particular interest because of their reported hypoglycemic activity. Further investigations are needed to clarify the mechanisms underlying these effects and establish their therapeutic potential. Among the medicinal properties attributed to Achillea species, cytotoxic and antiulcer activities are also noteworthy. These properties may be particularly relevant in species containing immunomodulatory constituents (10, 11).

The activity of these plants against various bacteria, fungi, and parasites is likely associated with the presence of a broad range of secondary bioactive metabolites. These compounds include flavonoids, phenolic acids, coumarins, terpenoids—such as monoterpenes, sesquiterpenes, diterpenes, and triterpenes—as well as sterols (4).

Several chemical constituents of Achillea species, particularly sesquiterpenes present in essential oils and phenolic compounds, play important roles in their pharmacological properties. Furthermore, phenolic compounds and flavonoids are considered important contributors to the antibacterial activity of yarrow. However, the specific contribution of individual compounds may vary depending on the plant species, extraction method, and chemical composition of the extract (3).

MATERIAL and METHODS

The species *Achillea millefolium* L. was collected from the Batabat area of Shahbuz district of Nakhchivan AR and prepared for further research in the laboratory. Different solvents, first hexane and then ethanol, were used and fruit extracts were obtained. Chromatographic and spectrophotometric methods were used to study the phytochemical composition of the species. Spectral analyzes were performed using a Hitachi U-2900 UV-VIS spectrophotometer, and chromatographic analyzes were performed using a column 60108-712HYPERSEP SI, 10G/75ml/10PKG and a DC-fertigfolien ALUGRAM SIL G/UV254 thin layer.

Column and thin layer chromatography and as a solvent system for the determination of the

characteristic composition of the extracts:

1. Acetic acid + n-butanol + water (1:4:5)

2. The ratio of petroleum ether+acetone+water (3:1:1) was used (Guliyev & Mansur, 1999).

Results and Discussion

© 2026 ISARC Academy

The flowers of yarrow (*Achillea millefolium* L.) were dried, ground, and extracted sequentially using hexane followed by ethanol. The resulting extract was concentrated and subjected to spectral analysis using a UV–Vis spectrophotometer over a wavelength range of 200-700 nm.

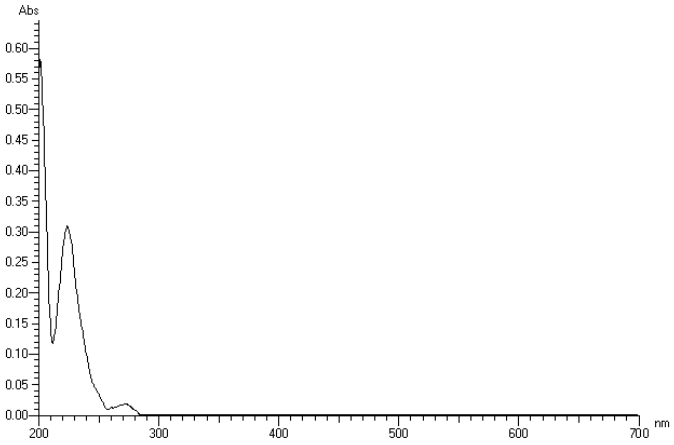


Figure 1. *UV spectrum of the ethanolic extract of Achillea millefolium L.*

In the era of evidence-based medicine, various medicinal properties of *Achillea millefolium* L. have attracted considerable scientific interest. The plant has potential for further investigation as a source of biologically active compounds. However, additional studies are required to characterize its phytochemical constituents, clarify their mechanisms of action, and evaluate its biological activities and therapeutic potential. The UV–Vis spectrophotometric findings should be considered preliminary, as the identification of individual compounds requires confirmation using more specific analytical techniques, such as high-performance liquid chromatography (HPLC) coupled with diode-array detection (DAD) or mass spectrometry (LC–MS).

References

1. Ali, S. I., Gopalakrishnan, B., & Venkatesalu, V. (2017). Pharmacognosy, phytochemistry and pharmacological properties of Achillea millefolium L.: A review. Phytotherapy Research, 31(8), 1140–1161.
2. Altaf, S. H., Bhat, F. M., Hassan, R., & Masoodi, H. M. (2021). Achillea millefolium E. Mey: Phytochemistry and pharmacological profile. Current Traditional Medicine, 7(3).
3. Candan, F., Unlu, M., Tepe, B., Daferera, D., Polissiou, M., Sökmen, A., & Akpulat, H. A. (2003). Antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and methanol extracts of Achillea millefolium subsp. millefolium Afan. (Asteraceae). Journal of Ethnopharmacology, 87(2–3), 215–220.
4. El-Kalamouni, C., Venskutonis, P. R., Zebib, B., Merah, O., Raynaud, C., & Talou, T. (2017). Antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil of Achillea millefolium L. grown in France. Medicines, 4(2), Article 30.
5. Farhadi, N., Babaei, K., Farsaraei, S., Moghaddam, M., & Ghasemi Pirbalouti, A. (2020). Changes in essential oil compositions, total phenol, flavonoids and antioxidant capacity of Achillea millefolium at different growth stages. Industrial Crops and Products, 152, Article 112570.
6. İbrahimov, A. M., & Matsyura, A. V. (2024). Officinal medicinal plants of the Nakhchivan Autonomous Republic. Acta Biologica Sibirica, 10, 1305–1317.
7. Kanbur, M., Ganbarov, H., Memmedov, B., Seyidov, M., Özkök, D., Maharramov, M., Mammadov, E., & Karabacak, M. (2025). Some medicinal plants used in animal health in Nakhchivan Autonomous Republic. International Journal of Veterinary Science
8. Konarska, A., Weryszko-Chmielewska, E., Materska, M., Sulborska-Różycka, A., Dmitruk, M., & Chilczuk, B. (2025). Phenolic compounds in flowers and herb of Achillea millefolium L.: Histochemical and phytochemical studies. Molecules, 30(9), 2084.

© 2026 ISARC Academy

9. Prisa, D., & Jamal, A. (2025). Achillea millefolium L.: A comprehensive review of its phytochemistry and pharmacological properties. Advances in Horticultural Science, 39(3), 245–257.
10. Rahimova, S., Asadov, E., & Huseynova, A. (2024). Comparative assessment of antioxidant activity in red apricot (*Prunus armeniaca* L.) and fig fruits (*Ficus carica* L.) cultivated in Nakhchivan AR, Azerbaijan. International Journal of Secondary Metabolite, 11(4), 722-728.
11. Rahimova, S., Boyraci, G. M., Yildiz, O., Asadov, E., Seyidzada, Z., & TÜRKAN, F. (2026). Biochemical and Pharmacological Evaluation of Selected Artemisia Species with Antioxidant and Antimicrobial Activities. KAFKAS UNIVERSITESI VETERINER FAKULTESI DERGISI.
12. Rahimova, S., Gasimov, H., Seyidov, M., & Huseynova, F. (2025). Antiradical activity of Flavonoids from the fruits of Crataegus meyeri Pojark. Journal of Wildlife and Biodiversity, 9(3), 296-306.
13. Shawl, A. S., & Srivastava, S. K. (2002). Essential oil composition of Achillea millefolium L. growing wild in Kashmir, India. Flavour and Fragrance Journal, 17(3), 165–168.
14. Talıbov, T. H., İbrahimov, T. H., İbrahimov, A. M., Ələkbərov, R. Ə., İsmayılov, A. A., Quliyev, V. S., & Qurbanov, Ə. Ə. (2018). Лекарственные растения Нахчыванской Автономной Республики [Naxçıvan Muxtar Respublikasının dərman bitkiləri].

© 2026 ISARC Academy

THE HISTORICAL DEVELOPMENT OF THE USE OF MEDICINAL PLANTS IN COSMETIC PRODUCTS AND MODERN APPROACHES

SOLMAZ ASGEROVA

Nakhchivan State University, Faculty Of Medicine, Department Of Pharmacy and Biochemistry, Nakhchivan, Azerbaijani

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-9598-3059

SURA RAHIMOVA

Nakhchivan State University, Faculty Of Medicine, Department Of Pharmacy and Biochemistry, Nakhchivan, Azerbaijani

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0003-5867-5254

SHABNAM RAHIMLI

Nakhchivan State University, Faculty Of Medicine, Department Of Pharmacy and Biochemistry, Nakhchivan, Azerbaijani

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0004-7061-0354

Abstract

The use of medicinal plants for cosmetic purposes dates back to ancient times and has gradually evolved from empirical practices to scientifically grounded approaches. Historical sources contain information on the use of plant-derived oils, ointments, infusions, and other preparations in skin and hair care. In modern times, particular interest has focused on the application of polyphenols, flavonoids, terpenoids, essential oils, and other biologically active compounds found in plant materials in cosmetic formulations. However, the incorporation of plant-derived ingredients into cosmetic products should not be justified solely by their natural origin; the quality of raw materials, chemical composition, stability, and safety must also be taken into consideration. Modern extraction techniques, encapsulation technologies, and delivery systems offer opportunities to improve the stability and skin delivery of plant-derived active compounds. This article analyzes the historical stages in the development of medicinal plant use in cosmetic products, the transition from traditional knowledge to modern technological approaches, and the main characteristics of incorporating plant-derived bioactive compounds into cosmetic formulations, based on a review of the relevant literature.

Keywords: medicinal plants, plant extracts, herbal cosmetics, phytocosmetics, bioactive compounds, cosmetic formulation, safety.

1. Introduction

The use of medicinal plants for cosmetic purposes is one of the oldest applications of natural resources by humans. Historical and ethnobotanical evidence indicates that plant-derived materials have been among the principal natural resources used in skin and hair care, as well as in the management of certain skin conditions. Various historical sources document the use of plant-based oils, ointments, infusions, and other preparations for cosmetic care and therapeutic purposes (1).

During the twentieth century, advances in chemical synthesis enabled the widespread use of synthetic ingredients in cosmetic products. However, in subsequent decades, growing consumer interest in

© 2026 ISARC Academy

naturally derived ingredients led to renewed attention to plant extracts and other plant-derived bioactive compounds in cosmetic formulations. The development of the modern plant-based cosmetics industry is characterized by the integration of traditional knowledge with contemporary scientific research and technological advances (5).

The cosmetic significance of plants is determined by the diverse biologically active compounds they contain. Polyphenols, flavonoids, terpenoids, essential oils, and other phytochemical constituents may play important roles in determining the functional properties of cosmetic products. In particular, the antioxidant properties of polyphenols have increased interest in their use as active ingredients in cosmetic formulations (9). The application of plant extracts in skin care products is evaluated in terms of various functional benefits, depending on their composition and formulation characteristics (7).

However, the terms “natural” and “plant-derived” do not automatically imply that an ingredient is safe. The accurate identification and chemical characterization of plant raw materials, the assessment of potential contamination and adulteration, and the evaluation of potentially allergenic and other hazardous constituents are important considerations in cosmetic safety (2).

The development of modern cosmetic technologies has enabled the implementation of novel approaches to improving the stability, solubility, and skin delivery of plant-derived active compounds. In particular, liposomes, nanoemulsions, and other encapsulation systems are considered promising technologies for the more effective use of plant-derived ingredients in cosmetic formulations (8).

The main objective of the study is to systematize the historical development of medicinal plant use in cosmetic products, establish connections between traditional applications and modern technological approaches, and summarize the fundamental scientific principles underlying the use of plant-derived bioactive compounds in cosmetic formulations.

2. Literature Review and Methodology

The analysis of the literature indicates that the use of medicinal plants for cosmetic purposes has evolved from traditional applications to the use of standardized extracts and identified bioactive compounds. Historical sources contain information on the application of plant-derived oils, ointments, and extracts in skin and hair care (1; 6).

Contemporary research investigates the cosmetic significance of polyphenols, flavonoids, terpenoids, essential oils, and other phytochemical compounds present in plant-derived materials. The application of plant extracts in cosmetic formulations and their functional properties have been reviewed in various studies (7; 9).

Modern formulation technologies employ systems such as encapsulation, liposomes, and nanoemulsions to improve the stability and skin delivery of plant-derived active compounds. These approaches may positively influence the stability, solubility, skin penetration, and controlled delivery of active ingredients (8).

The methodological framework of this study is based on a retrospective analytical and comparative literature review. The analysis included scientific articles, monographs, and other scholarly sources addressing the historical use of medicinal plants in cosmetics, the properties of plant-derived bioactive compounds, modern formulation technologies, and cosmetic safety issues. The literature findings were classified according to historical development, functional properties, technological approaches, and safety criteria.

3. Discussion and Results

3.1. Historical Stages in the Development of Medicinal Plant Use in Cosmetics

The use of medicinal plants for cosmetic purposes can be conventionally divided into several major historical stages.

© 2026 ISARC Academy

First stage – Empirical and Traditional Use.

During this stage, the cosmetic and care properties of plants were identified primarily through observation and traditional knowledge passed down from generation to generation. Various preparations were made from the leaves, flowers, roots, seeds, and oil-bearing parts of plants and used in skin and hair care. These practices can be considered among the earliest foundations of modern phytocosmetics (1).

Second stage – The Development of Classical Pharmacy and Herbal Preparations.

With the advancement of pharmaceutical science, the preparation, storage, and conversion of plant raw materials into different pharmaceutical forms became more systematic. The development of preparations such as oils, extracts, and ointments also influenced the cosmetic application of plant-derived substances (6).

Third stage – The Widespread Adoption of Synthetic Ingredients.

During the twentieth century, advances in chemical synthesis expanded the use of new raw materials and functional ingredients in the cosmetics industry. At this stage, synthetic substances were widely employed for formulation, preservation, texture modification, and other technological purposes. However, this development did not completely eliminate the cosmetic significance of plant-derived ingredients.

Fourth stage – Modern Phytocosmetics and Biotechnological Approaches.

In the twenty-first century, the use of plant-derived ingredients has increasingly been characterized by the scientific investigation of their chemical composition and biological activity. Modern cosmetic industries incorporate plant extracts, essential oils, polyphenols, flavonoids, and other phytochemical constituents into various formulations. At the same time, growing consumer interest in natural and plant-based products is one of the factors driving the development of this field (5; 8).

3.2. Transition from Traditional Knowledge to Modern Pharmaceutical Technology

The transition from traditional plant use to modern cosmetic formulations is not limited to simply adding plant extracts to a product. In contemporary approaches, the accurate identification of the plant raw material, assessment of its quality, and characterization of its chemical composition are required as primary steps.

The composition of plant materials may vary depending on the plant species, growing conditions, geographical origin, harvesting time, and storage conditions. Therefore, cosmetic formulation must take into account not only the plant's name but also the quality parameters of the raw material used. Phytochemical characterization, contamination, adulteration, and potentially hazardous residues are particularly important in assessing the safety of plant-derived cosmetic ingredients (2).

The selection of an extraction method can also influence the properties of active compounds in the final product. The composition of an extract depends on the solvent used, temperature, extraction time, and other technological parameters. Consequently, standardization and reproducibility are essential considerations when incorporating traditional extracts into modern cosmetic formulations.

In modern formulation technologies, various delivery systems are used to address the stability and bioavailability challenges associated with plant-derived ingredients. Liposomes, micro- and nanocapsules, nanoemulsions, and other systems may help protect plant-derived bioactive compounds, improve their stability within formulations, and enhance their delivery to the skin (8).

Furthermore, safety is one of the fundamental requirements for the use of plant-derived ingredients in cosmetic products. The natural origin of a plant extract does not mean that it is risk-free for all users. Its chemical composition, allergenic potential, likelihood of contamination, toxicological properties, and concentration in the formulation must all be considered (2).

© 2026 ISARC Academy

Thus, the defining characteristic of modern phytocosmetics is the integration of traditional knowledge of medicinal plants with contemporary principles of phytochemistry, pharmaceutical technology, and safety assessment.

4. Conclusions

The use of medicinal plants in cosmetic products has undergone a long process of development, evolving from ancient traditions to modern scientific and technological approaches. While the cosmetic properties of plants were primarily identified through empirical observations in traditional practices, their contemporary application is associated with the scientific evaluation of phytochemical composition, formulation characteristics, stability, and safety parameters.

Plant-derived polyphenols, flavonoids, terpenoids, essential oils, and other bioactive compounds are considered promising raw materials for developing the functional properties of cosmetic products. Nevertheless, their efficacy should be evaluated by taking into account the specific plant species, extract composition, concentration used, and formulation conditions.

Modern extraction and delivery technologies offer new opportunities to improve the stability and skin delivery of plant-derived active compounds. In particular, encapsulation, liposomal, and nanoemulsion technologies expand the potential applications of plant-derived ingredients in cosmetic formulations (8).

In conclusion, the integration of traditional knowledge with modern principles of phytochemistry, pharmaceutical technology, and safety assessment represents a promising direction for the scientifically grounded development of plant-based cosmetic products. In this process, rather than relying solely on the concept of natural origin, standardized raw materials, demonstrable functional properties, formulation stability, and safety should be regarded as the principal criteria.

References

1. Karimov, Y., Suleymanov, T., Isayev, C., & Khalilov, C. Pharmacognosy. Baku, 2010.
2. Damirov, I. A., Manafov, A. B., & Islamova, N. A. Pharmacognosy. Baku, 1984.
3. Burlando, B., Verotta, L., Cornara, L., & Bottini-Massa, E. Herbal Principles in Cosmetics: Properties and Mechanisms of Action. Boca Raton: CRC Press, 2010.
4. D'Amelio, F. S. Botanicals: A Phytocosmetic Desk Reference. Boca Raton: CRC Press, 1999.
5. Evans, W. C. Trease and Evans' Pharmacognosy. Edinburgh: Saunders/Elsevier, 2009.
6. Harborne, J. B. Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis. Dordrecht: Springer, 1998.
7. Aburjai, T., & Natsheh, F. M. Plants used in cosmetics. Phytotherapy Research. 2003, pp. 987–1000.
8. Dureja, H., Kaushik, D., Gupta, M., Kumar, V., & Lather, V. Cosmeceuticals: An emerging concept. Indian Journal of Pharmacology. 2005, pp. 155–159.
9. Kapoor, V. P. Herbal cosmetics for skin and hair care. Natural Product Radiance. 2005, pp. 306–314.
10. Kathuria, D., Sharma, A., & Simal-Gandara, J. Specialized Plant Metabolites as Cosmeceuticals. Elsevier, 2024.

© 2026 ISARC Academy

SAĞLIK HİZMETLERİNDE YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARININ KAMU POLİTİKALARINA ETKİLERİ

Doç. Dr. Fatih BUDAK

Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Health Sciences, Department of Healthcare Management, 70100, Karaman

ORCID ID: 0000-0002-6873-6204

Ceren Seda ÇİÇEK BUDAK

Specialist in Political Science and Public Administration

ORCID ID: 0009-0008-0974-4985

ÖZET

Tanı ve tarama, klinik karar desteği, kaynak planlaması ve halk sağlığı gözetimi gibi alanlarda yapay zekâ uygulamaları, sağlık hizmetlerinin üretim ve sunum biçimini dönüştürmektedir. Bu dönüşüm, yalnızca hizmet sunucularını değil, düzenleyici kurumları, finansman mekanizmalarını ve sağlık insan gücü politikalarını da doğrudan ilgilendirmektedir. Bu çalışmanın amacı, sağlık hizmetlerinde yapay zekâ uygulamalarının kamu politikalarına etkilerini politika süreci ve politika araçları perspektifinden incelemektir. Çalışmada nitel doküman analizi yöntemi kullanılmış; Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Birliği, Amerika Birleşik Devletleri ve Türkiye'ye ait, 2021–2026 döneminde yürürlükte bulunan, yayımlanan veya güncellenen 18 politika ve mevzuat belgesi, önceden belirlenen ölçütlere göre seçilerek incelenmiştir. Bulgular, yapay zekânın kamu politikası açısından iki yönlü bir konumda bulunduğunu göstermektedir: Yapay zekâ bir yandan düzenlenmesi gereken bir politika nesnesi, öte yandan politika tasarımı ve uygulamasında yararlanılabilecek bir araçtır. İncelenen belgelerde risk temelli düzenleme, ürün yaşam döngüsü boyunca denetim, veri yönetişimi ve yapay zekâ okuryazarlığı ortak eğilimler olarak öne çıkmaktadır. Türkiye'de strateji ve eylem planı düzeyinde güçlü bir politika iradesi bulunmakla birlikte, incelenen belgelerde sağlığa özgü bağlayıcı düzenleme, geri ödeme ve hukuki sorumluluk konularının sınırlı biçimde ayrıntılandırıldığı görülmektedir. Çalışma, sağlıkta yapay zekâ yönetişiminin sektörler arası eş güdümle, aşamalı ve kanıta dayalı biçimde kurgulanmasını önermektedir.

Anahtar kelimeler: Yapay zekâ, sağlık politikası, kamu politikası, yönetişim, düzenleme

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS IN HEALTH SERVICES ON PUBLIC POLICY

ABSTRACT

Artificial intelligence applications are transforming the production and delivery of health services in areas such as diagnosis and screening, clinical decision support, resource planning and public health surveillance. This transformation concerns not only service providers but also regulatory agencies, financing mechanisms and health workforce policies. The aim of this study is to examine the effects of artificial intelligence applications in health services on public policy from the perspective of the policy process and policy instruments. A qualitative document analysis was conducted; eighteen policy and legislative documents in force, published or updated between 2021 and 2026 from the World Health Organization, the European Union, the United States and Türkiye were selected according to predefined criteria and analysed. The findings indicate that artificial intelligence occupies a dual position in public policy: it is both a policy object that requires regulation and an instrument that can be used in policy

© 2026 ISARC Academy

design and implementation. Risk-based regulation, total product life cycle oversight, data governance and artificial intelligence literacy emerge as common trends across the documents examined. In Türkiye, a strong political commitment is evident at the level of strategies and action plans; however, health-specific binding regulation, reimbursement and legal liability receive limited elaboration in the documents examined. The study recommends that artificial intelligence governance in health be designed in a phased and evidence-based manner, with intersectoral coordination.

Keywords: Artificial intelligence, health policy, public policy, governance, regulation

1. GİRİŞ

Sağlık hizmetleri, yapay zekâ teknolojilerinin en hızlı yayıldığı ve aynı zamanda en yüksek riski taşıdığı alanların başında gelmektedir. Görüntü tabanlı tanıdan klinik karar destek sistemlerine, hasta yönlendirmesinden kaynak planlamasına kadar uzanan geniş bir uygulama yelpazesi, hekim ile algoritma arasındaki iş bölümünü yeniden tanımlamaktadır (Topol, 2019; Rajkomar vd., 2019). Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Gıda ve İlaç Dairesinin (FDA) pazara erişimine izin verdiği yapay zekâ destekli tıbbi cihaz sayısının Eylül 2026 itibarıyla 1.600'ü aşması, düzenleyici izinlerin ulaştığı ölçeği göstermektedir (Food and Drug Administration [FDA], 2026). Bununla birlikte pazara erişim izni, bu cihazların klinik uygulamada ne ölçüde kullanıldığını veya sağlık sonuçlarına katkısını tek başına yansıtmamaktadır.

Ancak sağlıkta yapay zekâ, salt bir teknoloji transferi meselesi olarak ele alınamaz. Algoritmaların hangi verilerle eğitildiği, karar süreçlerinde kimin sorumlu tutulacağı, hizmet bedelinin nasıl ödeneceği ve sağlık çalışanlarının bu sistemlerle nasıl çalışacağı, esasen kamu politikası sorularıdır. Nitekim ABD'de yaygın biçimde kullanılan bir risk tahmin algoritmasının sağlık harcamasını ihtiyacın göstergesi olarak aldığı için siyahi hastaların bakım ihtiyacını sistematik biçimde düşük tahmin ettiğinin gösterilmesi, teknik bir tasarım tercihinin doğrudan hakkaniyet sorununa dönüşebileceğini kanıtlamıştır (Obermeyer vd., 2019). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) de yapay zekânın sağlıktaki potansiyelinin ancak etik ilkeler ve insan hakları, tasarım, uygulama ve kullanım süreçlerinin merkezine yerleştirildiğinde gerçekleşebileceğini vurgulamaktadır (World Health Organization [WHO], 2021).

Kamu politikası açısından bakıldığında temel güçlük, teknolojinin değişim hızı ile düzenleyici kapasitenin uyum hızı arasındaki farktır. Collingridge'in (1980) erken dönemde bir teknolojinin etkilerinin henüz bilinmediğini, etkiler belirginleştiğinde ise teknolojinin artık kolayca denetlenemeyecek ölçüde yerleşmiş olduğunu ifade eden ikilemi, sağlıkta yapay zekâ bağlamında yeniden güncellik kazanmaktadır. Bu nedenle politika yapıcıların yeniliği engellemeden hasta güvenliğini ve hakkaniyeti koruyacak araç bileşimlerini belirsizlik koşullarında tasarlaması gerekmektedir.

Bu çalışma, söz konusu tartışmaya sağlık yönetimi ve kamu politikası perspektifinden katkı sunmayı amaçlamaktadır. Çalışmanın araştırma sorusu şudur: *Sağlık hizmetlerinde yapay zekâ uygulamaları kamu politikalarını hangi boyutlarda etkilemekte ve Türkiye'nin politika yanıtı uluslararası eğilimlerle ne ölçüde örtüşmektedir?* Bu soruya yanıt aramak üzere önce kavramsal çerçeve ortaya konulmakta, ardından uluslararası ve ulusal politika belgeleri incelenmekte, son olarak bulgular tartışılarak politika önerileri geliştirilmektedir.

Çalışmanın başlığında ve metninde kullanılan "etki" kavramı, nedensel bir etki ölçümünü değil, yapay zekânın sağlık sistemlerinde yaygınlaşmasının kamu politikalarının gündemine, tasarımına ve araç seçimine yansıması olarak ele alınmaktadır. Dolayısıyla çalışma, politikaların sağlık çıktıları üzerindeki etkisini ölçmeyi değil, devletlerin bu teknolojik dönüşüme hangi politika yanıtlarını geliştirdiğini karşılaştırmalı olarak çözümlemeyi amaçlamaktadır. Literatürde sağlıkta yapay zekâ çoğunlukla klinik etkililik, etik veya hukuki sorumluluk ekseninde tartışılmakta; sağlık yönetimi ve kamu politikası perspektifini birleştiren, Türkiye'yi uluslararası yaklaşımlarla karşılaştırmalı biçimde ele alan çalışmalar ise sınırlı kalmaktadır. Bu çalışmanın özgün katkısı, söz konusu boşluğu sağlık sistemi yapı taşlarına dayalı bir analitik çerçeveyle doldurmaya çalışmasıdır.

© 2026 ISARC Academy

2. YÖNTEM

Çalışma, nitel araştırma desenine dayanmakta ve doküman analizi yöntemini kullanmaktadır. Doküman analizi, basılı ya da elektronik belgelerin anlam üretmek, kavramsal bir anlayış geliştirmek ve ampirik bilgi elde etmek amacıyla sistematik biçimde incelenmesi ve yorumlanmasıdır (Bowen, 2009). Kamu politikası çalışmalarında resmî belgeler, devletin bir sorunu nasıl tanımladığını ve hangi araçlarla çözmeyi tercih ettiğini doğrudan yansıttığı için bu yöntem araştırma sorusuyla uyumludur.

İncelenecek belgeler, dört ölçüte göre seçilmiştir: (i) belgenin bir kamu otoritesi ya da hükûmetler arası kuruluş tarafından yayımlanmış olması; (ii) Ocak 2021 ile Ekim 2026 arasındaki dönemde yürürlükte bulunması, yayımlanması ya da güncellenmesi (bağlayıcı olmayan rehberler için yayımlanma veya güncellenme tarihi esas alınmıştır); (iii) sağlıkta yapay zekâyı doğrudan ele alması veya genel bir yapay zekâ düzenlemesi olup sağlığa ilişkin açık hükümler içermesi; (iv) tam metnine kamuya açık kaynaklardan erişilebilmesi. Karşılaştırma birimleri olarak küresel norm koyucu DSÖ, bağlayıcı yatay düzenleme örneği Avrupa Birliği (AB), ürün temelli düzenleme örneği ABD ve ulusal vaka Türkiye belirlenmiştir. Belgeler, ilgili kurumların resmî internet siteleri (who.int, eur-lex.europa.eu, fda.gov, resmigazete.gov.tr ve mevzuat.gov.tr) taranarak belirlenmiş; son tarama 11 Ekim 2026 tarihinde yapılmıştır. Bu ölçütleri karşılayan 18 belge analize dâhil edilmiştir. Mevzuatta yapılan değişiklikler ayrı belgeler olarak ele alınmış ve Tablo 1'de her satırda bir belge gösterilmiştir. Kurumsal görev dağılımını açıklamak amacıyla başvurulan 183 ve 192 sayılı Cumhurbaşkanlığı kararnameleri ile TBMM kararı ve haber kaynakları kodlama kümesine dâhil edilmemiş, yalnızca bağlamsal kaynak olarak kullanılmıştır.

Tablo 1. *Analize dâhil edilen politika ve mevzuat belgeleri*

Birim	Belge	Yıl	Belge türü ve bağlayıcılık
DSÖ	Ethics and Governance of Artificial Intelligence for Health	2021	Rehber; bağlayıcı değil
DSÖ	Guidance on Large Multi-Modal Models	2024	Rehber; bağlayıcı değil
AB	Yapay Zekâ Tüzüğü (Regulation (EU) 2024/1689)	2024	Tüzük; bağlayıcı
AB	Avrupa Sağlık Veri Alanı Tüzüğü (Regulation (EU) 2025/327)	2025	Tüzük; bağlayıcı
AB	Yapay Zekâ Dijital Omnibus Tüzüğü (Regulation (EU) 2026/1744)	2026	Değişiklik tüzüğü; bağlayıcı
ABD	AI-Enabled Device Software Functions Taslak Rehberi (FDA)	2025 (Ocak)	Taslak rehber; bağlayıcı değil
ABD	PCCP Nihai Rehberi (FDA), güncel sürüm	2025 (Ağustos)	Rehber; bağlayıcı değil
Türkiye	Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021–2025 (2021/18 sayılı Genelge)	2021	Strateji; idareyi yönlendirici
Türkiye	Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2024–2025 Eylem Planı	2024	Eylem planı; idareyi yönlendirici
Türkiye	Türkiye Yapay Zekâ Eylem Planı 2026–2030 (2026/9 sayılı Genelge ile yürürlüğe konulmuştur)	2026	Eylem planı; idareyi yönlendirici
Türkiye	Tıbbi Cihaz Yönetmeliği (TİTCK)	2021	Yönetmelik; bağlayıcı
Türkiye	TÜYZE Yönetmeliği (TÜSEB)	2022	Kurumsal yönetmelik; bağlayıcı
Türkiye	6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu	2016	Kanun; bağlayıcı
Türkiye	7499 sayılı Kanun (KVKK'da yapılan değişiklikler)	2024	Kanun; bağlayıcı

© 2026 ISARC Academy

Birim	Belge	Yıl	Belge türü ve bağlayıcılık
Türkiye	Kişisel Sağlık Verileri Hakkında Yönetmelik	2019	Yönetmelik; bağlayıcı
Türkiye	Kişisel Sağlık Verileri Hakkında Yönetmelikte Değişiklik	2025 (Aralık)	Yönetmelik; bağlayıcı
Türkiye	Kişisel Sağlık Verileri Hakkında Yönetmelikte Değişiklik	2026 (Temmuz)	Yönetmelik; bağlayıcı
Türkiye	Tıbbi Laboratuvar Hizmetleri ve İleri Teknoloji Tıbbi Laboratuvar Uygulamaları Hakkında Yönetmelik	2025 (Ekim)	Yönetmelik; bağlayıcı

Analizde, tümdengelimli bir kodlama yaklaşımı benimsenmiştir. Kodlama birimi olarak; bağlayıcı metinlerde madde ya da fıkra, strateji ve eylem planlarında hedef ya da eylem, rehberlerde ise ilke ya da öneri esas alınmıştır. Her kodlama birimi, kavramsal çerçevede tanımlanan beş politika boyutundan (düzenleme ve denetim, veri yönetişimi, finansman ve geri ödeme, sağlık insan gücü, hakkaniyet ve hesap verebilirlik) biri veya birkaçıyla ilişkilendirilmiştir. Belgeler birinci yazar tarafından kodlanmış, kodlama ikinci yazar tarafından bağımsız olarak gözden geçirilmiş ve yorum farklılıkları tartışılarak uzlaşıyla giderilmiştir. Bağlayıcılık üç düzeyde sınıflandırılmıştır: Gerçek ve tüzel kişilere doğrudan yükümlülük getiren kanun, tüzük ve yönetmelikler "bağlayıcı"; genelge ile yürürlüğe konularak idareyi yönlendiren, ancak kişilere doğrudan yükümlülük getirmeyen strateji ve eylem planları "idareyi yönlendirici"; rehber ve ilke belgeleri ise "bağlayıcı olmayan" belgeler olarak kabul edilmiştir. Bulguların güvenilirliğini artırmak amacıyla ikincil yorumlar yerine mümkün olduğunca belgelerin resmî metinlerine başvurulmuş, mevzuata ilişkin her bilgi Resmî Gazete ya da ilgili kurumun resmî yayın organı üzerinden doğrulanmıştır. Çalışmanın iki temel sınırlılığı bulunmaktadır. Birincisi, belgelerin beyan ettiği hedefler uygulama sonuçlarıyla aynı şey değildir. İkincisi, karşılaştırma birimleri farklı düzenleyici mantıkları temsil etme ölçütüne göre amaçlı olarak seçilmiştir; Birleşik Krallık, Çin veya Kore gibi farklı yaklaşımlara sahip ülkeler kapsam dışında bırakılmıştır. Bu sınırlılıklar nedeniyle bulgular, politikaların sahadaki etkisine ilişkin nedensel bir değerlendirme olarak değil, politika tasarımına ilişkin karşılaştırmalı bir okuma olarak yorumlanmalıdır.

3. KAVRAMSAL ÇERÇEVE: SAĞLIKTA YAPAY ZEKÂ VE KAMU POLİTİKASI İLİŞKİSİ

3.1. Sağlık Hizmetlerinde Yapay Zekâ Uygulamaları

Sağlıkta yapay zekâ kavramı makine öğrenmesi, derin öğrenme ve doğal dil işleme gibi yöntemlerle verilerden örüntü çıkaran ve bu örüntülere dayanarak tahmin, sınıflandırma ya da öneri üreten sistemleri ifade etmektedir. DSÖ, bu uygulamaları tanı ve klinik bakım, sağlık araştırmaları ve ilaç geliştirme, sağlık sistemi yönetimi ve planlaması ile halk sağlığı ve salgın gözetimi başlıkları altında sınıflandırmaktadır (WHO, 2021). Ulusal literatürde de yapay zekânın klinik uygulamaların yanı sıra randevu yönetimi, kaynak planlaması ve genel sağlık yönetimi gibi idari süreçlerde giderek daha fazla kullanıldığı vurgulanmaktadır (Akalın ve Veranyurt, 2021). Büyük dil modelleri ve diğer üretken yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşması ise bu sınıflandırmaya hasta iletişimi, klinik belgeleme ve eğitim gibi yeni kullanım alanları eklemiştir (WHO, 2024).

Bu çeşitlilik, politika açısından önemli bir sonuç doğurmaktadır: Bir görüntüleme cihazına gömülü tanı algoritması ile hastane yataklarını planlayan bir tahmin modeli, aynı teknoloji ailesinden gelmesine rağmen farklı risk düzeylerine, farklı kullanıcılara ve farklı denetim ihtiyaçlarına sahiptir. Dolayısıyla "sağlıkta yapay zekâ politikası" tekil bir politika alanı değil, birden fazla politika alanının kesişiminde yer alan bir düzenleme sorunudur.

© 2026 ISARC Academy

3.2. Politika Nesnesi ve Politika Aracı Olarak Yapay Zekâ

Kamu yönetimi literatüründe yapay zekânın kamu politikasıyla ilişkisi iki ayrı düzlemde ele alınmaktadır (Zuiderwijk vd., 2021). Birinci düzlemde yapay zekâ, *düzenlenmesi gereken bir politika nesnesidir*; burada devletin rolü güvenlik, etkililik, mahremiyet ve hakkaniyet ölçütlerini tanımlamak ve denetlemektir. İkinci düzlemde ise yapay zekâ, *politika tasarımı ve uygulamasında kullanılan bir araçtır*; hastalık yükünün tahmini, kaynak dağılımının planlanması veya halk sağlığı gözetimi bu kullanıma örnek gösterilebilir. Bu ayrım, çalışmanın analitik omurgasını oluşturmaktadır; zira iki düzlem farklı kurumları, farklı yetkinlikleri ve farklı riskleri harekete geçirmektedir.

Politika araçları açısından değerlendirildiğinde, devletin elindeki bilgi, yetki, hazine ve örgütlenme kaynakları (Hood ve Margetts, 2007) sağlıkta yapay zekâ yönetişiminde farklı biçimlerde kullanılmaktadır. Uygunluk değerlendirmesi ve piyasa sonrası gözetim yetki temelli araçlar; kamu veri setlerinin açılması ve rehber yayımlanması bilgi temelli araçlar; Ar-Ge destekleri ve geri ödeme kararları hazine temelli araçlar; ulusal enstitüler ve düzenleyici deney alanları ise örgütlenme temelli araçlar olarak okunabilir. Ancak teknolojinin değişim hızı ile hukuki ve etik denetim kapasitesi arasındaki açık, yani "hız sorunu" (Marchant vd., 2011), bu araçların tek başına ve geleneksel biçimde kullanılmasını yetersiz kılmaktadır.

Etkinin hangi aşamada ortaya çıktığı da politika süreci yaklaşımıyla açıklanabilir. Kamu politikası gündem belirleme, politika formülasyonu, karar alma, uygulama ve değerlendirme aşamalarından oluşan bir süreç olarak ele alındığında (Howlett vd., 2020), yapay zekânın her aşamada farklı bir baskı yarattığı görülmektedir. Gündem belirleme aşamasında teknolojik gelişmeler ve uluslararası düzenlemeler konuyu ulusal gündeme taşımakta; formülasyon aşamasında risk sınıflandırması ve araç bileşimi tartışılmakta; uygulama aşamasında ise denetim kapasitesi ve kurumlar arası eş güdüm belirleyici hâle gelmektedir. Değerlendirme aşaması ise öğrenen algoritmaların performansının zaman içinde değişebilmesi nedeniyle, geleneksel tek seferlik değerlendirme anlayışının sürekli izleme yönünde dönüşmesini gerektirmektedir.

3.3. Analitik Çerçeve

Çalışmanın analitik çerçevesi, DSÖ'nün sağlık sistemlerini hizmet sunumu, sağlık insan gücü, sağlık bilgi sistemleri, tıbbi ürünler ve teknolojiler, finansman ile liderlik ve yönetişim olmak üzere altı yapı taşı üzerinden tanımlayan yaklaşımından uyarlanmıştır (WHO, 2007). Tıbbi ürünler ve teknolojiler ile liderlik ve yönetişim yapı taşları "düzenleme ve denetim", sağlık bilgi sistemleri "veri yönetişimi", finansman "finansman ve geri ödeme", sağlık insan gücü ise aynı adla bir boyut olarak ele alınmıştır. Yapay zekâya özgü algoritmik yanlılık ve sorumluluk sorunlarını görünür kılmak amacıyla, DSÖ çerçevesinde sistem çıktısı olarak yer alan hakkaniyet ise ayrı bir "hakkaniyet ve hesap verebilirlik" boyutu olarak çerçeveye eklenmiştir. Tablo 2, her boyutun temel politika sorusunu ve tipik politika aracını özetlemektedir.

Tablo 2. *Sağlıkta yapay zekânın kamu politikasına etkilerini incelemek için kullanılan analitik çerçeve*

Politika boyutu	Temel politika sorusu	Tipik politika aracı
Düzenleme ve denetim	Hangi sistem, hangi risk düzeyinde, kim tarafından denetlenecek?	Risk sınıflandırması, uygunluk değerlendirmesi, piyasa sonrası gözetim
Veri yönetişimi	Sağlık verisi hangi koşullarla ve kim tarafından kullanılabilecek?	Veri koruma mevzuatı, ikincil kullanım izinleri, anonimleştirme
Finansman ve geri ödeme	Yapay zekâ destekli hizmetin bedeli kim tarafından, nasıl ödenecek?	Sağlık teknolojisi değerlendirmesi, geri ödeme kodları, Ar-Ge destekleri
Sağlık insan gücü	Çalışanların rol, yetkinlik ve sorumlulukları nasıl değişecek?	Mezuniyet öncesi ve sonrası eğitim, yapay zekâ okuryazarlığı, görev tanımları

© 2026 ISARC Academy

Politika boyutu	Temel politika sorusu	Tipik politika aracı
Hakkaniyet ve hesap verebilirlik	Algoritmik yanlılık ve zarar durumunda sorumluluk nasıl tesis edilecek?	Etki değerlendirmesi, şeffaflık yükümlülükleri, sorumluluk rejimi

4. ULUSLARARASI POLİTİKA YAKLAŞIMLARI

4.1. Dünya Sağlık Örgütü: Normatif Çerçeve

DSÖ'nün 2021 yılında yayımladığı rehber, sağlıkta yapay zekâya ilişkin ilk küresel normatif çerçeve niteliğindedir. Rehberde altı temel ilke benimsenmiştir: İnsan özerkliğinin korunması; insan refahının, güvenliğinin ve kamu yararının gözetilmesi; şeffaflık, açıklanabilirlik ve anlaşılabilirliğin sağlanması; sorumluluk ve hesap verebilirliğin güçlendirilmesi; kapsayıcılık ve hakkaniyetin temini; duyarlı ve sürdürülebilir yapay zekânın teşviki (WHO, 2021). DSÖ, 2024 yılında bu çerçeveyi büyük çok modlu modellere uyarlamış ve hükûmetlere, geliştiricilere ve sağlık hizmeti sunucularına yönelik ayrıntılı öneriler geliştirmiştir (WHO, 2024). DSÖ belgeleri bağlayıcı olmamakla birlikte, ulusal düzenlemeler için ortak bir dil ve ölçüt seti sunmaları bakımından politika transferinin önemli bir kaynağıdır.

4.2. Avrupa Birliği: Yatay ve Risk Temelli Düzenleme

AB, sağlıkta yapay zekâyı sektöre özgü bir mevzuatla değil, tüm sektörleri kapsayan yatay bir tüzükle düzenlemeyi tercih etmiştir. 1 Ağustos 2024'te yürürlüğe giren Yapay Zekâ Tüzüğü, kendisi tıbbi cihaz yazılımı olan ya da bir tıbbi cihazın güvenlik bileşeni olarak kullanılan ve tıbbi cihaz mevzuatı kapsamında üçüncü taraf uygunluk değerlendirmesine tabi bulunan yapay zekâ sistemlerini "yüksek riskli" kabul etmektedir (Regulation (EU) 2024/1689, md. 6/1). Bu sınıftaki sistemler için risk yönetimi (md. 9), veri yönetişimi (md. 10), şeffaflık (md. 13), insan gözetimi (md. 14) ve piyasa sonrası izleme (md. 72) gibi yükümlülükler öngörülmüş; böylece yapay zekâ destekli tıbbi cihazlar, mevcut tıbbi cihaz tüzüğüyle birlikte ikili bir uyum rejimine tabi kılınmıştır.

Bununla birlikte AB deneyimi, düzenleyici takvimin uygulama kapasitesine göre esnetilebildiğini de göstermektedir. Temmuz 2026'da yürürlüğe giren Dijital Omnibus Tüzüğü ile tıbbi cihaz mevzuatı kapsamındaki (Ek I) yüksek riskli yapay zekâ sistemlerine, yani hem bağımsız tıbbi cihaz yazılımlarına hem de cihazların güvenlik bileşeni olan sistemlere ilişkin yükümlülüklerin uygulanma tarihi 2 Ağustos 2027'den 2 Ağustos 2028'e ertelenmiştir (Regulation (EU) 2026/1744). Söz konusu erteleme, sektör temsilcilerinin tıbbi cihazların yalnızca sektörel mevzuatla düzenlenmesi yönündeki talebinin kabul edilmediğini, ancak uyum süresinin uzatıldığını göstermesi bakımından dikkat çekicidir. AB ayrıca 2025 yılında kabul ettiği Avrupa Sağlık Veri Alanı Tüzüğü ile sağlık verilerinin araştırma, yenilik ve politika yapımı amacıyla ikincil kullanımını düzenleyerek yapay zekâ geliştirme için gerekli veri altyapısını hukuki bir zemine oturtmuştur (Regulation (EU) 2025/327).

4.3. Amerika Birleşik Devletleri: Ürün Temelli ve Yaşam Döngüsü Odaklı Yaklaşım

FDA'nın yaklaşımında denetimin konusu, yapay zekâ teknolojisinin kendisinden ziyade tıbbi cihaz niteliği taşıyan yazılım veya yapay zekâ içeren cihazdır. FDA, yapay zekâyı doğrudan düzenlemediğini, yapay zekâ destekli olanlar da dâhil olmak üzere tıbbi cihazları mevcut risk temelli pazar öncesi yollar üzerinden değerlendirdiğini açıkça belirtmektedir (FDA, 2026). Bu yaklaşımın ayırt edici yeniliği, öğrenen sistemlerin piyasaya çıktıktan sonra değişebilmesi sorununa getirilen çözümdür. Önceden Belirlenmiş Değişiklik Kontrol Planı (PCCP) mekanizması, üreticinin planladığı algoritma güncellemelerini ve bunların doğrulama yöntemlerini pazar öncesi başvuruda tanımlamasına ve onaylanan sınırlar içinde her değişiklik için yeni başvuru yapmadan güncelleme yapabilmesine imkân tanımaktadır (FDA, 2025b). Analizde bu rehberin Ağustos 2025'te yayımlanan güncel nihai sürümü esas alınmıştır. FDA'nın Ocak 2025'te yayımladığı taslak rehber de denetimi tek seferlik bir onay olmaktan çıkararak ürünün toplam yaşam döngüsüne yaymaktadır (FDA, 2025a).

4.4. Karşılaştırmalı Değerlendirme

Üç yaklaşım birlikte değerlendirildiğinde, sağlıkta yapay zekâ yönetişiminin üç farklı düzenleyici mantık üzerinden şekillendiği görülmektedir: DSÖ etik ilkeler ve normatif rehberlik, AB yatay ve risk temelli bağlayıcı düzenleme, ABD ise mevcut tıbbi cihaz mevzuatı içinde ürün temelli denetim yolunu izlemektedir. Ortak payda ise risk temelli sınıflandırma, onayın tek seferlik bir işlem olmaktan çıkarılması ve veri kalitesinin düzenleme konusu hâline gelmesidir.

5. TÜRKİYE'DE SAĞLIKTA YAPAY ZEKÂ POLİTİKASININ GÖRÜNÜMÜ

5.1. Strateji ve Eylem Planı Düzeyi

Türkiye'de yapay zekâ politikasının ilk bütüncül çerçevesi, 2021/18 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi ile yürürlüğe giren Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021–2025'tir (Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2021). Strateji, 12. Kalkınma Planı çerçevesinde güncellenen 2024–2025 Eylem Planı ile üretken yapay zekâ ve Türkçe büyük dil modelleri yönünde genişletilmiş; plan, uluslararası normlarla uyumlu bir ulusal düzenleme yapılmasını da hedefleri arasına almıştır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2024). Yasama düzeyinde ise TBMM'de yapay zekânın hukuki altyapısının oluşturulması ve risklerinin önlenmesine yönelik tedbirleri belirlemek amacıyla bir Meclis Araştırması Komisyonu kurulmuştur (Türkiye Büyük Millet Meclisi [TBMM], 2025). Bu süreçte kurumsal yapı da değişmiştir: Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi'nin hazırlanmasında eş güdüm rolü üstlenen Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 183 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile kapatılmış (Cumhurbaşkanlığı, 2025a); kamuda yapay zekâ uygulamalarına yönelik mevzuat çalışmaları ile veri yönetişimine ilişkin ilke ve standartları belirleme görevi 192 sayılı Kararname ile Siber Güvenlik Başkanlığı'na verilmiştir (Cumhurbaşkanlığı, 2025b).

Bu sürecin en güncel halkası, 18 Ağustos 2026 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanan 2026/9 sayılı Genelge ile yürürlüğe giren ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının koordinasyonunda hazırlanan Türkiye Yapay Zekâ Eylem Planı'dır (2026–2030) (Cumhurbaşkanlığı, 2026). "Fark Et, İstifade Et, Üret, Yönet" eksenlerinde 16 öncelikli eylemden oluşan plan, sağlığı sektörel yapay zekâ pilotlarının öncelikli alanlarından biri olarak belirlemekte ve sağlık dâhil kritik alanlarda kamu veri setlerinin araştırmacı ve girişimlerin kullanımına açılmasını öngörmektedir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2026). Plan, sağlık politikası açısından özellikle iki yönüyle önem taşımaktadır: Birincisi, yapay zekâ sistemleri için risk düzeyine göre kademelenen yükümlülükler ve orta ile yüksek etkili sistemlerde algoritmik etki değerlendirmesi öngörülmektedir. İkincisi, yapay zekâ güvenliği ve düzenleyici deney alanlarına ilişkin eylemle, sistemlerin yanlılık, açıklanabilirlik, veri koruma ve dayanıklılık açısından test edilmesine yönelik teknik kapasitenin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu tercihler, AB'nin risk temelli mantığıyla yapısal bir benzerlik göstermektedir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2026).

5.2. Sağlık Sektörüne Özgü Kurumsal ve Hukuki Düzenlemeler

Sağlık sektöründe kurumsal kapasite, Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı (TÜSEB) bünyesinde kurulan Türkiye Sağlık Veri Araştırmaları ve Yapay Zekâ Uygulamaları Enstitüsü (TÜYZE) etrafında şekillenmiştir. 2022 yılında yayımlanan yönetmelik, enstitüye sağlık verisi ve yapay zekâ alanında Ar-Ge'yi desteklemek, eş güdüm sağlamak ve öncelikli politikaların belirlenmesine katkı sunmak gibi görevler vermektedir (Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı [TÜSEB], 2022). Bu yapı, Hood ve Margetts'in (2007) sınıflandırmasıyla örgütlenme temelli bir politika aracı olarak değerlendirilebilir. Sağlık Bakanlığı da TÜSEB iş birliğiyle geliştirilen akılcı görüntüleme karar destek sistemi gibi uygulamalarla yapay zekâyı doğrudan hizmet sunumuna taşımaya başlamıştır (Elcin, 2025).

Hukuki düzeyde ise sağlığa özgü yapay zekâ düzenlemesi henüz parçalı bir görünüm sergilemektedir. 24 Ekim 2025 tarihli Tıbbi Laboratuvar Hizmetleri ve İleri Teknoloji Tıbbi Laboratuvar Uygulamaları Hakkında Yönetmelik, "klinik karar destek sistemi" ve "onay destek sistemi" kavramlarını tanımlayarak algoritmik karar desteğini sektörel bir yönetmeliğe taşımıştır (Sağlık Bakanlığı, 2025b). Ancak bu tanımlar laboratuvar hizmetleriyle sınırlıdır ve sağlıkta kullanılan bütün yapay zekâ sistemlerine

© 2026 ISARC Academy

genellenemez. Yapay zekâ destekli yazılımların piyasaya arzı ise AB'nin 2017/745 sayılı Tıbbi Cihazlar Tüzüğü ile uyumlu olarak hazırlanan Tıbbi Cihaz Yönetmeliği çerçevesinde Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu (TİTCK) tarafından denetlenmektedir (Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu [TİTCK], 2021). Bu uyum, AB Yapay Zekâ Tüzüğü'nün tıbbi cihazlara getirdiği ek yükümlülüklerin de orta vadede ulusal mevzuata yansıyabileceğini düşündürmektedir.

Veri boyutunda sağlık verileri, 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK) kapsamında özel nitelikli kişisel veri olarak korunmakta ve Kişisel Sağlık Verileri Hakkında Yönetmelik ile sağlığa özgü işleme kurallarına bağlanmaktadır (6698 sayılı Kanun, 2016; Sağlık Bakanlığı, 2019). Söz konusu yönetmelik 2025 ve 2026 yıllarında değiştirilmiş; ancak bu değişiklikler yapay zekâya özgü hükümler içermemektedir (Sağlık Bakanlığı, 2025a, 2026). 2024 yılında 7499 sayılı Kanun ile yapılan değişiklikler, özel nitelikli kişisel verilerin işlenme şartlarını genişletmiş ve yurt dışına veri aktarımını yeterlilik kararı, uygun güvenceler ve arızi aktarım gibi yeni mekanizmalara bağlamıştır (7499 sayılı Kanun, 2024). Bu değişiklik, yurt dışında barındırılan bulut tabanlı yapay zekâ hizmetlerinin sağlıkta kullanılabilirliği bakımından doğrudan belirleyicidir. Ulusal literatür de Türkiye'de klinik karar destek sistemlerinin entegrasyonunun parçalı hastane bilgi yönetim sistemleri, katı veri koruma kuralları ve hekimlerin iş akışlarına ilişkin kaygılar nedeniyle sosyoteknik bir sorun hâline geldiğine dikkat çekmektedir (Özçelik ve Saribekiroğlu, 2025).

Bu görünüm, Türkiye'de sağlıkta yapay zekâya ilişkin politika iradesinin güçlü olduğunu, ancak bu iradenin henüz büyük ölçüde strateji, eylem planı ve kurum kurma düzeyinde kaldığını göstermektedir. Yapay zekâ destekli hizmetlerin geri ödeme koşulları, algoritma kaynaklı zararlarda hukuki sorumluluğun dağılımı ve piyasaya çıkmış sistemlerin gerçek dünya performansının izlenmesi gibi konular, incelenen belgelerde sağlığa özgü ve bağlayıcı bir düzenlemeye henüz kavuşmamıştır.

6. TARTIŞMA

İncelenen belgeler, sağlıkta yapay zekânın kamu politikasını tek bir kanal üzerinden değil, birbirine bağlı beş boyutta etkilediğini göstermektedir. Bu bölümde söz konusu boyutlar, uluslararası eğilimler ve Türkiye'nin konumu birlikte değerlendirilerek tartışılmaktadır. Tablo 3, kodlama sonuçlarını beş analiz boyutu ve dört karşılaştırma birimi üzerinden özetlemektedir.

Tablo 3. *Beş analiz boyutunda karşılaştırmalı kodlama sonuçları*

Boyut	DSÖ	Avrupa Birliği	ABD (FDA)	Türkiye
Düzenleyici mantık ve bağlayıcılık	Etik ilkeler ve rehberlik; bağlayıcı değil (WHO, 2021, 2024)	Yatay, risk temelli tüzük; bağlayıcı (Regulation (EU) 2024/1689, md. 6/1)	Mevcut cihaz mevzuatı içinde ürün temelli; rehberler bağlayıcı değil (FDA, 2025a, 2025b)	Strateji ve eylem planları idareyi yönlendirici; sektörel mevzuat bağlayıcı (Cumhurbaşkanlığı, 2026; TİTCK, 2021)
Düzenleme ve denetim	Yaygın kullanımda bağımsız denetim ve etki değerlendirmesi önerisi (WHO, 2024)	Risk yönetimi, insan gözetimi, piyasa sonrası izleme (Regulation (EU) 2024/1689, md. 9, 14, 72)	Pazar öncesi yollar; PCCP ile planlı güncellemelerin denetimi (FDA, 2025b)	AB uyumlu Tıbbi Cihaz Yönetmeliği; risk kademeli yükümlülükler eylem planı düzeyinde (TİTCK, 2021; Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2026)

© 2026 ISARC Academy

Boyut	DSÖ	Avrupa Birliği	ABD (FDA)	Türkiye
Veri yönetişimi	Mahremiyet, rıza ve veri koruma ilkeleri (WHO, 2021)	Eğitim verisinin kalitesi (Regulation (EU) 2024/1689, md. 10); ikincil kullanım çerçevesi (Regulation (EU) 2025/327)	Başvuruda veri yönetimi ve temsiliyet beklentisi (FDA, 2025a)	Özel nitelikli veri ve yurt dışı aktarım kuralları (6698 sayılı Kanun, 2016; 7499 sayılı Kanun, 2024); sağlığa özgü işleme kuralları (Sağlık Bakanlığı, 2019)
Finansman ve geri ödeme	Erişilebilirlik ve karşılanabilirlik riski olarak değinilmiş (WHO, 2024)	İncelenen tüzüklerde düzenlenmemiş	FDA'nın görev alanı dışında; incelenen belgelerde yer almıyor	Ar-Ge ve KOBİ destekleri eylem planı düzeyinde; geri ödeme düzenlenmemiş (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2026)
Sağlık insan gücü	Sağlık çalışanlarının yetkinlik ve eğitimine ilişkin öneriler (WHO, 2021)	Yapay zekâ okuryazarlığı hükmü (Regulation (EU) 2024/1689, md. 4)	Kullanıcıya yönelik bilgilendirme ve etiketleme önerileri (FDA, 2025a)	Geniş ölçekli okuryazarlık hedefleri (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2026); sağlık mesleklerine özgü hüküm yok
Hakkaniyet ve hesap verebilirlik	Kapsayıcılık ve hakkaniyet ilkesi (WHO, 2021)	Veri setlerinde yanlılık denetimi ve şeffaflık (Regulation (EU) 2024/1689, md. 10, 13)	Alt grup performans analizleri önerisi (FDA, 2025a)	Algoritmik etki değerlendirmesi eylem planı düzeyinde (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2026)

Not. Hücreler, Tablo 1'deki belgelerin kodlanmasıyla elde edilen kısa bulguları ve ilgili belge ya da madde referanslarını göstermektedir. "Düzenlenmemiş" ifadesi, ilgili boyutun yalnızca incelenen belge kümesinde yer almadığını belirtir.

Düzenleme ve denetim. Uluslararası belgelerde en belirgin dönüşüm, onayın tek seferlik bir işlem olmaktan çıkıp ürünün yaşam döngüsüne yayılan sürekli bir denetime dönüşmesidir. AB'nin piyasa sonrası izleme yükümlülükleri ile FDA'nın PCCP mekanizması, farklı hukuki zeminlerden hareket etmelerine rağmen aynı soruna, yani öğrenen ve değişen algoritmaların denetlenmesi sorununa yanıt aramaktadır. Türkiye'nin 2026–2030 Eylem Planı'nda öngörülen risk kademeli yükümlülükler ve düzenleyici deney alanları bu eğilimle uyumludur. Tıbbi cihaz mevzuatının da AB ile uyumlu olduğu dikkate alındığında, bu benzerlik, bir yönetim sistemindeki politika bilgisinin ve araçlarının başka bir yönetim sisteminde kullanılması olarak tanımlanan politika transferi (Dolowitz ve Marsh, 2000) açısından araştırılmaya değer bir yakınsamaya işaret etmektedir. Bununla birlikte benzerlik, tek başına transferin gerçekleştiğini kanıtlamaz; bunun için belgelerdeki açık atıfların, uyum taahhütlerinin ve kurumsal aktarım mekanizmalarının ayrıca incelenmesi gerekir. Öte yandan AB'nin takvim ertelemesi, benzer kuralların uygulanabilmesi için onaylanmış kuruluşlar, standartlar ve uzman denetim personeli gibi tamamlayıcı bir kapasitenin gerektiğini göstermektedir. Politika kapasitesi literatürünün vurguladığı üzere, bir politikanın başarısı yalnızca doğru araçların seçilmesine değil, bu araçları uygulayacak analitik, yönetsel ve siyasal yetkinliklere de bağlıdır (Wu vd., 2015). Bu nedenle Türkiye'de düzenleyici tasarımın, TİTCK ve ilgili birimlerin teknik kapasitesiyle eş zamanlı olarak planlanması önem taşımaktadır. Kısa bir süre içinde eş güdüm görevlerinin farklı kurumlara aktarılması da kurumsal sürekliliğin politika kapasitesinin ayrılmaz bir parçası olduğunu hatırlatmaktadır.

Veri yönetişimi. Yapay zekâ, sağlık verisini klinik bir kayıttan stratejik bir kamu kaynağına dönüştürmektedir. AB'nin Sağlık Veri Alanı Tüzüğü, bu kaynağın ikincil kullanımını veri erişim izni, amaç sınırlaması ve güvenli işleme ortamları üzerinden düzenlemektedir. Türkiye, merkezî sağlık bilgi sistemleri sayesinde veri bütünlüğü bakımından görece avantajlı bir konumdadır; sağlık verilerinin

işlenmesi de KVKK ve Kişisel Sağlık Verileri Hakkında Yönetmelik ile ayrıntılı kurallara bağlanmıştır. Bununla birlikte mevcut kurallar ağırlıklı olarak birincil kullanımı ve erişim yetkilerini düzenlemekte; yapay zekâ modellerinin eğitimi ve doğrulanması amacıyla yapılacak ikincil kullanım için veri erişim organı, başvuru ve izin süreci ile güvenli işleme ortamı gibi kurumsal mekanizmaları AB'deki kadar ayrıntılı tanımlamamaktadır. Eylem Planı'nda öngörülen kamu veri setlerinin açılması hedefi, bu boşluğun doldurulmasını daha da önemli hâle getirmektedir. Zira veri erişimini kolaylaştıran ancak güvenceleri tanımlamayan bir politika, kamu güvenini ve dolayısıyla uzun vadede verinin kendisini riske atabilir.

Finansman ve geri ödeme. İncelenen belge kümesinde en az ayrıntılandırılan boyut, yapay zekâ destekli hizmetlerin finansmanıdır. Seçilen belgelerin ağırlıklı olarak etik, güvenlik ve ürün düzenlemesine odaklandığı dikkate alındığında, bu bulgu ülkelerin geri ödeme politikalarının az geliştiği biçiminde değil, finansman boyutunun yapay zekâ yönetişim belgelerinde ikincil planda kaldığı biçiminde yorumlanmalıdır. Bir algoritmanın klinik etkililiğinin gösterilmesi, bu algoritmanın sağlık sistemine maliyet etkili biçimde dâhil edilmesi anlamına gelmemektedir. Türkiye'de Ar-Ge destekleri ve teknoloji transfer ofisleri gibi hazine temelli araçlar ürün geliştirme aşamasını desteklemekte, ancak geliştirilen ürünlerin sağlık teknolojisi değerlendirmesinden geçerek geri ödeme listelerine nasıl gireceği belirsiz kalmaktadır. Bu durum, yapay zekâ politikasının sanayi politikası ile sağlık politikası arasında konumlandığını ve iki politika alanının öncelikleri arasında bir gerilim bulunduğunu düşündürmektedir: Sanayi politikası "üretmeyi", sağlık politikası ise "kanıta dayalı biçimde benimsemeyi" öncelemektedir.

Sağlık insan gücü. Yapay zekâ, sağlık çalışanlarının yerini almaktan çok görev içeriklerini yeniden tanımlamaktadır (Topol, 2019). AB Yapay Zekâ Tüzüğü yapay zekâ okuryazarlığına ilişkin bir hüküm içerirken (Regulation (EU) 2024/1689, md. 4), Türkiye'nin Eylem Planı da geniş ölçekli yapay zekâ okuryazarlığı eğitimlerini hedeflemektedir. Ancak genel okuryazarlık programlarının, hekimin bir algoritma önerisini ne zaman reddetmesi gerektiğini bilmesi gibi klinik yetkinlikleri kendiliğinden kazandırması beklenmemelidir. Bu nedenle sağlık meslek eğitimine özgü yetkinlik çerçevelerinin geliştirilmesi ayrı bir politika ihtiyacı olarak öne çıkmaktadır.

Hakkaniyet ve hesap verebilirlik. Obermeyer vd. (2019) tarafından ortaya konan örnek, algoritmik yanlılığın çoğu zaman kötü niyetten değil, ölçülebilir olanın ihtiyaç yerine konulmasından kaynaklandığını göstermektedir. Bu bulgu, algoritmik etki değerlendirmesinin yalnızca teknik bir doğrulama değil, hangi hedef değişkenin seçildiğini sorgulayan bir politika analizi olarak tasarlanması gerektiğine işaret etmektedir. Hesap verebilirlik açısından ise bir sistemin "karar destek" aracı olarak adlandırılması, sorumluluğun yalnızca klinik kararı veren hekime ait olduğu anlamına gelmemektedir. Klinik karar sorumluluğunun yanında üreticinin ürün güvenliğine ilişkin yükümlülükleri; sağlık kurumunun sistemi seçme, uygulamaya alma ve personelini eğitme sorumluluğu; sistemin güncellenmesi ve performansının izlenmesine ilişkin sorumluluklar da birlikte değerlendirilmelidir. İncelenen Türk mevzuatı, bu sorumlulukların paylaşımını sağlıkta yapay zekâya özgü biçimde düzenlememektedir. Bu durum, sistemlerin karar süreçlerindeki ağırlığı arttıkça daha görünür bir politika sorunu hâline gelecektir.

Son olarak, bulgular yapay zekânın kamu politikasıyla ilişkisindeki iki yönlülüğün dengesiz biçimde ele alındığını göstermektedir. İncelenen belgelerin büyük bölümü yapay zekâyı düzenlenmesi gereken bir nesne olarak ele almakta; yapay zekânın sağlık politikası tasarımında, örneğin hastalık yükü tahmini, kaynak dağılımı veya politika etki değerlendirmesinde bir araç olarak kullanılmasına ilişkin ilke ve güvenceler daha sınırlı kalmaktadır. Oysa kamunun yapay zekâyı kendi karar süreçlerinde kullanması, şeffaflık ve hesap verebilirlik bakımından en az özel sektör kullanımı kadar dikkat gerektiren bir alandır (Zuiderwijk vd., 2021). Bu değerlendirmelerin belge düzeyinde bir okumaya dayandığı ve politikaların sahadaki etkilerine ilişkin nedensel bir sonuç ifade etmediği hatırlatılmalıdır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, sağlık hizmetlerinde yapay zekâ uygulamalarının kamu politikalarına etkileri, DSÖ, AB, ABD ve Türkiye'ye ait politika ve mevzuat belgeleri üzerinden incelenmiştir. Çalışmanın temel sonucu,

sağlıkta yapay zekânın bir teknoloji politikası meselesi olmanın ötesine geçerek düzenleme, veri yönetişimi, finansman, insan gücü ve hakkaniyet boyutlarını aynı anda etkileyen kesişimsel bir kamu politikası alanı olduğudur. Uluslararası düzeyde risk temelli sınıflandırma, yaşam döngüsü boyunca denetim ve veri kalitesinin düzenlenmesi ortak eğilimler olarak belirginleşmektedir. Türkiye ise strateji ve eylem planı düzeyinde bu eğilimlerle uyumlu ve güçlü bir politika iradesi ortaya koymakta; ancak incelenen belgelerde geri ödeme, hukuki sorumluluk ve verinin yapay zekâ amaçlı ikincil kullanımı gibi sağlığa özgü alanlar sınırlı biçimde ayrıntılandırılmıştır.

Bu sonuçlar doğrultusunda, sağlıkta yapay zekâ yönetişiminin güçlendirilmesine yönelik öneriler, sorumlu aktörler ve ilgili politika aracı türleriyle birlikte Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. *Sağlıkta yapay zekâ yönetişimine yönelik politika önerileri*

Öneri	Sorumlu aktör(ler)	Politika boyutu	Araç türü
Sağlık ve sanayi politikası önceliklerini uzlaştıracak, sağlıkta yapay zekâya özgü bir kurumlar arası eş güdüm mekanizmasının (ör. ortak çalışma grubu) oluşturulması	Sağlık Bakanlığı, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (Eylem Planı'nın yürütücüsü), Siber Güvenlik Başkanlığı (kamuda yapay zekâ görevleri yönünden)	Tüm boyutlar (yönetişim)	Örgütlenme
Eylem Planı'ndaki risk kademelerine dayanan, sağlığa özgü bir uygulama rehberinin yayımlanması; yükümlülük getirilmesi gereken alanlarda ise ikincil düzenleme yapılması	Sağlık Bakanlığı, TİTCK	Düzenleme ve denetim	Bilgi (rehber); yetki (düzenleme)
Mevcut tıbbi cihaz piyasa gözetimi ve olay bildirim mekanizmalarının, yapay zekâya özgü performans değişimini, algoritma güncellemelerini ve alt grup başarısını izleyecek biçimde geliştirilmesi	TİTCK, Sağlık Bakanlığı	Düzenleme ve denetim	Yetki, örgütlenme
Sağlık verisinin yapay zekâ amaçlı ikincil kullanımına ilişkin veri erişim organı, izin süreci ve güvenli veri ortamı esaslarının düzenlenmesi	Sağlık Bakanlığı, KVK Kurumu, TÜSEB	Veri yönetişimi	Yetki, bilgi
Yapay zekâ destekli hizmetler için sağlık teknolojisi değerlendirmesine dayalı bir geri ödeme yolunun tanımlanması	SGK, Sağlık Bakanlığı	Finansman ve geri ödeme	Hazine
Tıp ve sağlık bilimleri müfredatlarına klinik yapay zekâ yetkinliklerinin eklenmesi	YÖK, sağlık fakülteleri, meslek örgütleri	Sağlık insan gücü	Bilgi, örgütlenme
Yüksek etkili sistemlerde hedef değişken seçimini de kapsayan algoritmik etki ve hakkaniyet değerlendirmesinin zorunlu kılınması	Sağlık Bakanlığı, TÜSEB	Hakkaniyet ve hesap verebilirlik	Yetki
Kamunun sağlık politikası süreçlerinde kullandığı yapay zekâ sistemleri için şeffaflık ve kamuya açık kayıt ilkelerinin benimsenmesi	Sağlık Bakanlığı, Siber Güvenlik Başkanlığı	Hakkaniyet ve hesap verebilirlik	Bilgi

Not. Sorumlu aktörler ve araç türleri yazarların önerisidir. Aktörler, 2026 itibarıyla yürürlükte olan görev dağılımına göre belirlenmiş; araç türleri Hood ve Margetts'in (2007) tipolojisine göre sınıflandırılmıştır. Bağlayıcı olmayan rehberler bilgi aracı, yükümlülük getiren düzenlemeler yetki aracı olarak değerlendirilmiştir.

© 2026 ISARC Academy

Gelecek çalışmaların, bu çalışmanın belge düzeyindeki bulgularını sahadan elde edilecek verilerle sınaması önerilmektedir. Özellikle hastane yöneticilerinin ve klinisyenlerin yapay zekâ benimseme süreçlerine ilişkin nitel çalışmalar ile yapay zekâ destekli hizmetlerin maliyet etkililiğine yönelik ekonomik değerlendirmeler, Türkiye'de kanıta dayalı bir sağlıkta yapay zekâ politikasının geliştirilmesine önemli katkılar sunacaktır.

KAYNAKÇA

Akalın, B., & Veranyurt, Ü. (2021). Sağlık hizmetleri ve yönetiminde yapay zekâ. *Acta Infologica, 5*(1), 231–240. https://doi.org/10.26650/acin.850857

Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal, 9*(2), 27–40. https://doi.org/10.3316/QRJ0902027

Collingridge, D. (1980). *The social control of technology*. Frances Pinter.

Cumhurbaşkanlığı. (2025a, 28 Mart). Bazı Cumhurbaşkanlığı Kararnamelerinde Değişiklik Yapılmasına Dair Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi (Kararname No. 183). *Resmî Gazete* (Sayı: 32855). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2025/03/20250328-11.pdf

Cumhurbaşkanlığı. (2025b, 25 Aralık). Siber Güvenlik Başkanlığı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinde Değişiklik Yapılmasına Dair Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi (Kararname No. 192). *Resmî Gazete* (Sayı: 33118). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2025/12/20251225.htm

Cumhurbaşkanlığı. (2026, 18 Ağustos). Türkiye Yapay Zekâ Eylem Planı (2026–2030) ile ilgili 2026/9 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi. *Resmî Gazete* (Sayı: 33344). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2026/08/20260818-8.pdf

Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi & Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2021). *Ulusal yapay zekâ stratejisi 2021–2025*. https://cbddo.gov.tr/SharedFolderServer/Genel/File/TRUlusalYZStratejisi2021-2025.pdf

Dolowitz, D. P., & Marsh, D. (2000). Learning from abroad: The role of policy transfer in contemporary policy-making. *Governance, 13*(1), 5–23. https://doi.org/10.1111/0952-1895.00121

Elcin, S. (2025, 27 Kasım). *Sağlık Bakanı Memişoğlu: Klinik alanda yapay zeka uygulamaları ile birçok süreçte yeni yöntemleri hayata geçiriyoruz*. Anadolu Ajansı. https://www.aa.com.tr/tr/saglik/saglik-bakani-memisoglu-klinik-alanda-yapay-zeka-uygulamalari-ile-bircok-surecte-yeni-yontemleri-hayata-geciriyoruz/3755362

Food and Drug Administration. (2025a, Ocak). *Artificial intelligence-enabled device software functions: Lifecycle management and marketing submission recommendations* (Draft guidance). https://www.fda.gov/media/184856/download

Food and Drug Administration. (2025b, Ağustos). *Marketing submission recommendations for a predetermined change control plan for artificial intelligence-enabled device software functions: Guidance for industry and Food and Drug Administration staff*. https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/marketing-submission-recommendations-predetermined-change-control-plan-artificial-intelligence

Food and Drug Administration. (2026, 22 Eylül). *Artificial intelligence-enabled medical devices*. https://www.fda.gov/medical-devices/digital-health-center-excellence/artificial-intelligence-enabled-medical-devices

Hood, C. C., & Margetts, H. Z. (2007). *The tools of government in the digital age*. Palgrave Macmillan.

Howlett, M., Ramesh, M., & Perl, A. (2020). *Studying public policy: Principles and processes* (4th ed.). Oxford University Press.

© 2026 ISARC Academy

Marchant, G. E., Allenby, B. R., & Herkert, J. R. (Eds.). (2011). *The growing gap between emerging technologies and legal-ethical oversight: The pacing problem*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1356-7

Obermeyer, Z., Powers, B., Vogeli, C., & Mullainathan, S. (2019). Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science, 366*(6464), 447–453. https://doi.org/10.1126/science.aax2342

Özçelik, S., & Saribekiroğlu, M. (2025). Türkiye sağlık sisteminde yapay zekâ tabanlı klinik karar destek sistemlerinin entegrasyonu için bir sosyo-teknik çerçeve modeli. *Uluslararası Toplumsal Bilimler Dergisi, 9*(2), 271–294. https://izlik.org/JA43EZ58RH

Rajkomar, A., Dean, J., & Kohane, I. (2019). Machine learning in medicine. *New England Journal of Medicine, 380*(14), 1347–1358. https://doi.org/10.1056/NEJMra1814259

Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 and (EU) 2019/2144 and Directives 2014/90/EU, (EU) 2016/797 and (EU) 2020/1828 (Artificial Intelligence Act). (2024). *Official Journal of the European Union*, L, 2024/1689. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj

Regulation (EU) 2025/327 of the European Parliament and of the Council of 11 February 2025 on the European Health Data Space and amending Directive 2011/24/EU and Regulation (EU) 2024/2847. (2025). *Official Journal of the European Union*, L, 2025/327. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2025/327/oj

Regulation (EU) 2026/1744 of the European Parliament and of the Council of 8 July 2026 amending Regulations (EU) 2024/1689, (EU) 2018/1139 and (EU) 2023/1230 as regards the simplification of the implementation of harmonised rules on artificial intelligence (Digital Omnibus on AI). (2026). *Official Journal of the European Union*, L, 2026/1744. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2026/1744/oj

Sağlık Bakanlığı. (2019, 21 Haziran). Kişisel Sağlık Verileri Hakkında Yönetmelik. *Resmî Gazete* (Sayı: 30808). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/06/20190621.htm

Sağlık Bakanlığı. (2025a, 3 Aralık). Kişisel Sağlık Verileri Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. *Resmî Gazete* (Sayı: 33096). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2025/12/20251203.htm

Sağlık Bakanlığı. (2025b, 24 Ekim). Tıbbi Laboratuvar Hizmetleri ve İleri Teknoloji Tıbbi Laboratuvar Uygulamaları Hakkında Yönetmelik. *Resmî Gazete* (Sayı: 33057). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2025/10/20251024.htm

Sağlık Bakanlığı. (2026, 4 Temmuz). Kişisel Sağlık Verileri Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. *Resmî Gazete* (Sayı: 33300). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2026/07/20260704-9.htm

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2026). *Türkiye yapay zekâ eylem planı (2026–2030)*. https://www.sanayi.gov.tr/yapayzekaeylemplani

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı & Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. (2024). *Ulusal yapay zekâ stratejisi 2024–2025 eylem planı*. https://cbddo.gov.tr/SharedFolderServer/Genel/File/UlusalYapayZekaStratejisi2024-2025EylemPlani.pdf

Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: The convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine, 25*(1), 44–56. https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7

Türkiye Büyük Millet Meclisi. (2025, 16 Ocak). Yapay zekânın kazanımlarına yönelik atılacak adımların belirlenmesi, bu alanda hukuki altyapının oluşturulması ve yapay zekâ kullanımının

barındırdığı risklerin önlenmesine ilişkin tedbirlerin belirlenmesi amacıyla kurulan Meclis Araştırması Komisyonuna üye seçimine dair karar (Karar No. 1438). *Resmî Gazete* (Sayı: 32784). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2025/01/20250116.htm

Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu. (2021, 2 Haziran). Tıbbi Cihaz Yönetmeliği. *Resmî Gazete* (Sayı: 31499 Mükerrer). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/06/20210602M1.htm

Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı. (2022, 12 Mart). Türkiye Sağlık Veri Araştırmaları ve Yapay Zekâ Uygulamaları Enstitüsünün Yapılanması ve Faaliyetlerinin Yürütülmesine Dair Yönetmelik. *Resmî Gazete* (Sayı: 31776). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/03/20220312.htm

World Health Organization. (2007). *Everybody's business: Strengthening health systems to improve health outcomes: WHO's framework for action*. World Health Organization.

World Health Organization. (2021). *Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200

World Health Organization. (2024). *Ethics and governance of artificial intelligence for health: Guidance on large multi-modal models*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240084759

Wu, X., Ramesh, M., & Howlett, M. (2015). Policy capacity: A conceptual framework for understanding policy competences and capabilities. *Policy and Society, 34*(3–4), 165–171. https://doi.org/10.1016/j.polsoc.2015.09.001

Zuiderwijk, A., Chen, Y.-C., & Salem, F. (2021). Implications of the use of artificial intelligence in public governance: A systematic literature review and a research agenda. *Government Information Quarterly, 38*(3), 101577. https://doi.org/10.1016/j.giq.2021.101577

6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu. (2016, 7 Nisan). *Resmî Gazete* (Sayı: 29677). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/04/20160407.htm

7499 sayılı Ceza Muhakemesi Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun. (2024, 12 Mart). *Resmî Gazete* (Sayı: 32487). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2024/03/20240312.htm

© 2026 ISARC Academy

DİJİTAL SAĞLIK OKURYAZARLIĞI BİR SAĞLIK POLİTİKASI ARACI MIDIR? KÜRESEL ÖRNEKLER IŞIĞINDA TÜRKİYE İÇİN KAVRAMSAL BİR POLİTİKA ANALİZİ

Doç. Dr. Fatih BUDAK

Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Health Sciences, Department of Healthcare Management, 70100, Karaman

ORCID ID: 0000-0002-6873-6204

Ceren Seda ÇİÇEK BUDAK

Specialist in Political Science and Public Administration

ORCID ID: 0009-0008-0974-4985

ÖZET

Sağlık hizmetlerinin hızla dijitalleştiği günümüzde, bireyin sağlık bilgisine dijital kanallardan ulaşma, bu bilgiyi anlama, değerlendirme ve kararlarında kullanma becerisi olarak tanımlanan dijital sağlık okuryazarlığı (DSO), sağlık politikası tartışmalarında giderek daha fazla yer bulmaktadır. Bu bildiride, DSO'nun bir sağlık politikası aracı olup olmadığı sorusu tartışılmaktadır. Çalışma, amaçlı olarak seçilmiş belgelerin kuramsal bir çerçeve ışığında incelendiği kavramsal bir politika analizidir. Dünya Sağlık Örgütünün küresel ve bölgesel belgeleri; Almanya, Avustralya ve Amerika Birleşik Devletleri'nin politika belgeleri; Türkiye'nin On İkinci Kalkınma Planı ile Sağlık Bakanlığı raporları, Hood ve Margetts'in kamu politikası araçları tipolojisi (bilgi, otorite, hazine ve örgütlenme) çerçevesinde değerlendirilmiştir. Analiz, DSO'nun bu tipolojide dar anlamıyla bir politika aracı olmadığını, politika araçlarının yöneldiği bir hedef ve diğer sağlık politikalarının etkisine aracılık edebilecek bir kapasite olduğunu göstermektedir. Meta-analitik bulgular, DSO ile ilişkili ölçek puanlarının hedefli müdahalelerle yükseltilebildiğini, dolayısıyla bu kapasitenin politika müdahalesine açık olduğunu desteklemektedir. İncelenen ülke belgelerinde DSO'ya verilen yer farklılaşmaktadır. Avustralya'da DSO, sorumlu kurumları tanımlanmış girişimlerle politika tasarımına dâhil edilmiş; ancak bu girişimlerin bir kısmı henüz planlama ya da gelecek aşamasındadır. Türkiye'de On İkinci Kalkınma Planı, DSO'nun geliştirilmesini açıkça hedeflemektedir; ancak incelenen belgelerde bu hedefe özgü sayısal hedef, bütçe ve izleme göstergesi tespit edilmemiştir. Sonuç olarak DSO'nun, ölçülebilir hedefleri ve izleme göstergeleri tanımlanmış stratejik bir politika hedefi olarak ulusal sağlık politikasına yerleştirilmesi önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Dijital sağlık okuryazarlığı, sağlık politikası, politika araçları, dijital sağlık, sağlıkta eşitlik

IS DIGITAL HEALTH LITERACY A HEALTH POLICY INSTRUMENT? A CONCEPTUAL POLICY ANALYSIS FOR TÜRKIYE IN THE LIGHT OF GLOBAL EXAMPLES

ABSTRACT

As health services are rapidly digitalised, digital health literacy (DHL), defined as an individual's ability to access, understand, appraise and apply health information obtained through digital channels, is gaining ground in health policy debates. This paper examines whether DHL is a health policy instrument. The study is a conceptual policy analysis in which purposively selected documents are

© 2026 ISARC Academy

examined through a theoretical framework. Global and regional documents of the World Health Organization, policy documents of Germany, Australia and the United States, and Türkiye's Twelfth Development Plan and Ministry of Health reports were assessed using Hood and Margetts' typology of policy tools (nodality, authority, treasure and organisation). The analysis suggests that, in the narrow sense of this typology, DHL is not itself a policy instrument; rather, it is a target of policy instruments and a capacity that may mediate the effects of other health policies. Meta-analytic evidence indicates that scores on DHL-related scales can be improved through targeted interventions, supporting the view that this capacity is amenable to policy action. The examined national documents assign DHL different degrees of prominence. Australia has incorporated DHL into policy design through initiatives with designated lead organisations, although some of these initiatives remain at the planning or future stage. In Türkiye, the Twelfth Development Plan explicitly sets the goal of improving DHL; however, no numerical target, budget or monitoring indicator specific to this goal was identified in the documents examined. The paper concludes that DHL should be embedded in national health policy as a strategic policy target with measurable objectives and monitoring indicators.

Keywords: Digital health literacy, health policy, policy instruments, digital health, health equity

1. GİRİŞ

Randevu almaktan tahlil sonucu görmeye, reçete takibinden uzaktan sağlık görüşmesine kadar sağlık hizmetinin pek çok halkası artık dijital kanallar üzerinden işlemektedir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), *Dijital Sağlık Küresel Stratejisi 2020-2025* ile üye ülkelerden dijital sağlığı ulusal önceliklerine uygun biçimde yaygınlaştırmalarını istemiştir (World Health Organization [WHO], 2021). Dünya Sağlık Asamblesi, Mayıs 2025'te bu stratejinin süresini 2027 yılına kadar uzatmış ve 2028-2033 dönemi için yeni bir strateji hazırlanmasını kararlaştırmıştır (WHO, 2025). Türkiye'de de Merkezi Hekim Randevu Sistemi (MHRS), e-Reçete ve e-Nabız gibi uygulamalar hizmet sunumunun olağan bir parçası hâline gelmiştir. 2026 yılında 16-74 yaş grubunda internet kullanım oranı %92,3'e ulaşmış, bireylerin %76'sı son bir yıl içinde e-Devlet hizmetlerinden yararlanmıştır (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2026).

Ancak teknolojiye erişim, teknolojiyi sağlık amacıyla doğru kullanabilmek anlamına gelmemektedir. e-Nabız uygulamasına erişimi olan bir bireyin tahlil sonucundaki referans aralığını yorumlayamaması ya da sosyal medyada karşılaştığı yanıltıcı bir tedavi önerisini ayırt edememesi, dijital sağlık yatırımlarının beklenen yararı sağlamasını sınırlayabilecek bir sorundur. Dijital sağlık okuryazarlığı (DSO) kavramı, bu sorunu adlandırmaktadır. DSO genellikle bireysel bir yetkinlik olarak tanımlanmakta ve ölçülmektedir; son dönem çalışmalar ise DSO'nun sağlığın diğer sosyal belirleyicilerini de etkileyen bir "süper belirleyici" olduğunu ileri sürmektedir (van Kessel vd., 2022).

Bu tespit, sağlık yönetimi ve politikası açısından şu soruyu gündeme getirmektedir: DSO, yalnızca bireyin kendi çabasıyla geliştirmesi beklenen bir beceri midir, yoksa devletin sağlık sistemi hedeflerine ulaşmak için kullanabileceği bir politika aracı mıdır? Bu bildiri, söz konusu soruyu kamu politikası araçları literatürü, küresel politika belgeleri ve Türkiye bağlamı üzerinden ele almaktadır. Çalışmada politika aracı, politika hedefi ve ara kapasite kavramları birbirinden ayrılarak DSO'nun bu yapı içindeki konumu belirlenmeye çalışılmaktadır.

2. YÖNTEM

Araştırma deseni. Bu çalışma, sistematik bir derleme değildir. Amaçlı olarak seçilmiş politika belgelerinin ve akademik kaynakların Hood ve Margetts'in (2007) politika araçları tipolojisi ışığında incelendiği kavramsal bir politika analizidir. Bu nedenle bulgular, incelenen belgelerle sınırlıdır ve ülkelerin politika sistemlerinin bütününe genellenmemelidir.

Belge taraması ve seçimi. Akademik kaynaklar; PubMed Central, DergiPark ve yayıncı veri tabanları üzerinden, politika belgeleri ise ilgili kurumların resmî internet siteleri üzerinden taranmıştır. Bu kurumlar; DSÖ, DSÖ Avrupa Bölge Ofisi, Avustralya Dijital Sağlık Ajansı, ABD Hastalık Önleme ve Sağlığı Geliştirme Ofisi, T.C. Sağlık Bakanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı ve TÜİK'tir. Tarama Ekim

© 2026 ISARC Academy

2026'da tamamlanmıştır. Politika belgeleri için üç dâhil etme ölçütü uygulanmıştır: (i) ulusal ya da uluslararası düzeyde resmî veya resmî himaye altında hazırlanmış olmak, (ii) sağlık okuryazarlığına ya da DSO'ya doğrudan veya dolaylı olarak yer vermek, (iii) tam metnine ya da resmî özetine erişilebilir olmak. Bu ölçütlerle altı ülke ve kurum düzeyinde 10 politika belgesi incelenmiştir: (1) DSÖ *Dijital Sağlık Küresel Stratejisi 2020-2025*, (2) stratejinin süresinin uzatıldığına ilişkin 2025 tarihli DSÖ duyurusu, (3) DSÖ Avrupa *Bölgesel Dijital Sağlık Eylem Planı 2023-2030*, (4) Almanya *Ulusal Sağlık Okuryazarlığı Eylem Planı*, (5) Avustralya *Ulusal Dijital Sağlık Stratejisi 2023-2028*, (6) bu stratejinin *Uygulama Yol Haritası*, (7) ABD *Healthy People 2030* sağlık okuryazarlığı çerçevesi, (8) *On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028)*, (9) Sağlık Bakanlığının Aralık 2024 tarihli sağlık okuryazarlığı araştırma raporu ve (10) bu raporun yayımlandığına ilişkin Şubat 2025 tarihli Bakanlık duyurusu. Son iki belge, politika ifadeleri bakımından analiz kümesinde yer almaktadır; bunlardan araştırma raporunun içerdiği veriler ayrıca istatistiksel bağlam için de kullanılmıştır. Sağlık Bakanlığının 2018 tarihli araştırma raporu ile TÜİK'in hanehalkı bilişim teknolojileri bülteni ise yalnızca istatistiksel bağlam sağlamak amacıyla kullanılmış, analiz kümesine dahil edilmemiştir. Akademik kaynaklar ise kavramsal çerçeveyi ve ampirik kanıtı oluşturmak amacıyla kullanılmış, politika belgeleriyle aynı analiz işlemine tabi tutulmamıştır.

Ülke seçimi. Almanya, Avustralya ve ABD; sağlık okuryazarlığına ilişkin açık bir ulusal belgeye sahip olmaları ve farklı sağlık sistemi modellerini temsil etmeleri nedeniyle seçilmiştir. Almanya ve Avustralya örneklerinde DSO'ya doğrudan bir vurgu bulunmaktadır. ABD örneği ise DSO'ya dolaylı olarak, genel ve örgütsel sağlık okuryazarlığı boyutuyla dahil edilmiştir. Türkiye ise karşılaştırma ülkesi olarak değil, çalışmanın odak vakası olarak analize dahil edilmiş; seçilen ülke örnekleri, Türkiye'deki durumu değerlendirmek için karşılaştırmalı bir referans çerçevesi olarak kullanılmıştır. DSÖ belgeleri uluslararası yönlendirme, ülke belgeleri ise ulusal politika tasarımı niteliği taşıdığından bu iki düzey birbirinden ayrı değerlendirilmiştir.

Analiz. Belgelerdeki ilgili ifadeler üç soru üzerinden incelenmiştir: (a) DSO'ya doğrudan mı, dolaylı olarak mı değinilmektedir? (b) Somut bir müdahale ya da girişim tanımlanmış mıdır? (c) Bu müdahale taahhüt, planlama veya uygulama aşamalarından hangisindedir? Müdahalelerin NATO kategorilerine atanmasında, müdahalenin dayandığı temel devlet kaynağı esas alınmıştır. Bu kaynaklar bilgi, yasal yetki, mali kaynak ve örgütsel kapasitedir. Değerlendirme yazarlar tarafından birlikte yapılmış, görüş farklılıkları tartışılarak uzlaşıyla giderilmiştir. Bağımsız çift kodlama yapılmamıştır; bu durum çalışmanın sınırlılıkları arasındadır.

3. KAVRAMSAL ÇERÇEVE: SAĞLIK OKURYAZARLIĞINDAN DİJİTAL SAĞLIK OKURYAZARLIĞINA

Sağlık okuryazarlığı kavramının politika diline taşınmasında Nutbeam'in (2000) çalışması bir dönüm noktasıdır. Nutbeam, sağlık okuryazarlığını işlevsel, etkileşimli ve eleştirel olmak üzere üç düzeyde ele almış ve onu bir halk sağlığı hedefi olarak konumlandırmıştır. Sørensen ve arkadaşları (2012) ise mevcut tanımları bütünleştirerek sağlık okuryazarlığını bireyin sağlık bilgisine erişme, anlama, değerlendirme ve uygulama yetkinliği olarak tanımlamıştır. Paasche-Orlow ve Wolf (2007), düşük sağlık okuryazarlığının hizmet kullanımı, hasta-hekim etkileşimi ve öz bakım yoluyla sağlık sonuçlarını etkilediğini gösteren nedensel bir model önermiştir.

Dijital boyutun kavrama eklenmesi, Norman ve Skinner'ın (2006b) e-sağlık okuryazarlığı tanımıyla başlamıştır. Yazarlar, e-sağlık okuryazarlığını elektronik kaynaklardan sağlık bilgisini arama, bulma, anlama ve değerlendirme; edinilen bilgiyi de bir sağlık sorununu çözmek için kullanabilme becerisi olarak tanımlamıştır. Bu tanıma dayanan sekiz maddelik e-Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği (eHEALS), alanın en yaygın ölçme aracı hâline gelmiştir (Norman ve Skinner, 2006a). Ancak eHEALS, internetin ağırlıklı olarak bilgi okuma ortamı olduğu dönemin izlerini taşımaktadır. Bu eksikliği gidermek amacıyla van der Vaart ve Drossaert (2017); içerik üretme, gizliliği koruma ve etkileşimli uygulamaları kullanma becerilerini de kapsayan Dijital Sağlık Okuryazarlığı Ölçeği'ni (DHLI) geliştirmiştir. Norgaard ve arkadaşlarının (2015) önerdiği e-sağlık okuryazarlığı çerçevesi ise bireyin becerilerinin yanı sıra çalışan sistemlere erişimi ve dijital hizmetlerin bireysel ihtiyaçlara uygunluğunu da DSO'nun

© 2026 ISARC Academy

boyutları arasında saymıştır. Bu yaklaşım, DSO'yu yalnızca kullanıcının değil, sistemin de niteliği olarak ele aldığı için politika analizi açısından önemlidir.

Kavramın son aşamasında DSO, bireysel bir beceri olmaktan çıkarak toplumsal bir belirleyici olarak da okunmaya başlanmıştır. Kickbusch ve arkadaşlarının (2021) yürüttüğü *Lancet* ve *Financial Times* Komisyonu, dijital dönüşümü sağlığın belirleyicileri arasında ele almış ve dijital teknolojilerin yönetişimini bir halk sağlığı meselesi olarak tartışmıştır. Van Kessel ve arkadaşları (2022) ise DSO'nun dijital okuryazarlık ile sağlık okuryazarlığının basit bir toplamı olmadığını vurgulamış, buna yurttaşlık okuryazarlığını da eklemiştir. Yazarlara göre DSO geliştirilmediğinde dijital dönüşüm mevcut eşitsizlikleri derinleştirebilir.

Türkiye'de DSO çalışmaları büyük ölçüde eHEALS'ın Türkçe uyarlamaları üzerinden yürümektedir. Ölçeğin ergenlerde geçerlik ve güvenirliği Coşkun ve Bebiş (2015) tarafından sınanmış, Tamer Gencer (2017) tarafından da ayrı bir kültürel uyarlama çalışması yapılmıştır. Daha kapsamlı bir araç olan DHLI'nin Türkçe uyarlaması Çetin ve Gümüş (2023) tarafından gerçekleştirilmiş; aynı çalışmada X, Y ve Z kuşaklarında DSO ile sağlıklı yaşam biçimi davranışları arasında olumlu bir ilişki saptanmıştır. Deniz (2023), kesitsel bir çevrim içi araştırmada e-sağlık okuryazarlığı ile akılcı ilaç kullanımı arasında olumlu bir ilişki bildirmiş ve bu ilişkide sağlık algısının aracı rolüne dikkat çekmiştir. Gümüş ve Çetin (2022) ise Türkiye'deki DSO ölçme araçlarının uluslararası literatürün gerisinde kaldığını vurgulamıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde ulusal literatürün ağırlıklı olarak ölçek uyarlama ve düzey belirleme odağında kaldığı, DSO'yu politika tasarımı açısından tartışan çalışmaların ise sınırlı olduğu görülmektedir.

4. POLİTİKA ARACI, POLİTİKA HEDEFİ VE ARA KAPASİTE AYRIMI

Kamu politikası literatüründe politika aracı, hükümetin belirlediği hedeflere ulaşmak için toplumsal davranışı etkilemede kullandığı mekanizmalar olarak tanımlanır (Howlett, 2011). Bu konudaki en bilinen sınıflandırmalardan biri, Hood ve Margetts'in (2007) dijital çağa uyarladığı "NATO" tipolojisidir. Buna göre devlet; bilgi ağlarındaki merkezî konumunu, yasal yetkisini, mali kaynaklarını ve örgütsel kapasitesini kullanarak politika üretir. Bu tipoloji, politika araçlarını, dayandıkları temel devlet kaynaklarına göre sınıflandırmaktadır.

Bu tanım esas alındığında DSO'nun kendisinin bir politika aracı sayılması güçtür. DSO bir müdahale mekanizması değil, bireylerin ve toplumun sahip olduğu bir yetkinliktir; devlet bu yetkinliği eğitim, bilgilendirme, düzenleme, finansman ve hizmet örgütlenmesi aracılığıyla geliştirmeye çalışır. Dolayısıyla "DSO'nun dört araçla geliştirilebilmesi" ile "DSO'nun kendisinin araç olması" farklı önermelerdir. Bu çalışmada DSO, iki ayrı konumda ele alınmaktadır: Birincisi, politika araçlarının yöneldiği bir **politika hedefi** olarak; ikincisi, diğer sağlık politikalarının etkisine aracılık edebilecek bir **ara kapasite** olarak. İkinci konum, bu çalışmanın analitik kabulüdür ve aşağıda gösterilen mekanizma, ampirik olarak sınanması gereken bir varsayım niteliğindedir. Tablo 1, bu ayrımı özetlemektedir.

Tablo 1. Dijital sağlık okuryazarlığının politika yapısı içindeki konumu

Kavramsal konum	Bu çalışmadaki karşılığı
Politika aracı	Eğitim, bilgilendirme, finansman, standartlar ve rehberlik hizmetleri (NATO kategorileri)
Politika hedefi	Toplumun DSO düzeyinin yükseltilmesi
Ara mekanizma (Beklenen)	DSO'nun gelişmesiyle bilgiyi değerlendirme ve dijital hizmetleri kullanma kapasitesinin artması
Nihai sonuç (Beklenen)	Daha uygun hizmet kullanımı, eşitsizliklerin azalması ve sağlık sonuçlarının iyileşmesi

© 2026 ISARC Academy

Kaynak: Howlett (2011) ile Hood ve Margetts (2007) temel alınarak yazarlar tarafından oluşturulmuştur. "Beklenen" olarak işaretlenen satırlar sınanması gereken varsayımlardır.

DSO'nun ara kapasite olarak konumlandırılması, onu politika tasarımının merkezine taşımayı gerektirir. Toplumun DSO düzeyi yükseldikçe koruyucu hizmetlerin kullanımının artırılması, kronik hastalıkların yönetimi ve gereksiz başvuruların azaltılması gibi başka politika hedeflerine ulaşmanın kolaylaşması beklenebilir. Ancak bu beklenen etkilerin ulusal ölçekte gerçekleştiğine ilişkin doğrudan kanıt sınırlıdır. Kickbusch ve arkadaşlarının (2013) DSÖ Avrupa Bölge Ofisi için hazırladığı raporda da sağlık okuryazarlığının yalnızca bireyin değil, sağlık sistemlerinin ve kurumların da sorumluluğunda olduğu vurgulanmıştır. Tablo 2, DSO'yu geliştirmeye yönelik müdahalelerin NATO tipolojisindeki karşılıklarını göstermektedir.

Tablo 2. Dijital sağlık okuryazarlığını geliştirmeye yönelik politika araçları

Araç türü	**DSO'yu geliştirmeye yönelik müdahale örnekleri**	**Beklenen ara çıktı**
Bilgi	Güvenilir resmî sağlık bilgi portalları, anlaşılır dille hazırlanmış e-Nabız içerikleri, infodemiye karşı doğrulama kampanyaları	Yanlış bilgiye dayalı kararların azalması
Otorite	Dijital sağlık uygulamalarına erişilebilirlik ve sade dil standardı; sağlık bilgisi sunan platformlar için kalite ve akreditasyon düzenlemesi	Dijital hizmetlerin düşük DSO düzeyindeki gruplarca kullanılabilmesi
Hazine	Yaşlı ve kırsal nüfusa yönelik cihaz ve bağlantı desteği; DSO programlarına ayrılmış bütçe kalemleri	Dijital uçurumun daralması
Örgütlenme	Birinci basamakta dijital sağlık rehberliği, sağlık çalışanlarına DSO eğitimi, örgütsel sağlık okuryazarlığı	Hizmet noktasında bireysel destek ve doğru yönlendirme

Kaynak: Hood ve Margetts (2007) tipolojisi temel alınarak yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

DSO'nun politika hedefi olarak anlamlı olabilmesi için müdahaleye açık olması gerekir. Barbati ve arkadaşlarının (2025) sistematik derlemesine 15 deneysel çalışma alınmış, bunlardan eHEALS kullanan 10'u meta-analize dâhil edilmiştir. Meta-analizde müdahalelerin ardından eHEALS puanlarında ortalama 5,81 puanlık bir artış görülmüş, müdahale gruplarının puanları kontrol gruplarına göre ortalama 3,62 puan yüksek bulunmuştur. Yazarlar, mevcut çalışmalar arasında yöntem ve sonuç bakımından önemli farklılıklar bulunduğuna da dikkat çekmiştir. Ulusal düzeyde Korkmaz Aslan (2025), tek gruplu ön test-son test desenli bir çalışmada, hemşirelik öğrencilerine uygulanan eğitim programının ardından e-sağlık okuryazarlığı puan ortalamasının 26,25'ten 32,65'e yükseldiğini bildirmiştir. Bu bulgular, DSO ile ilişkili ölçek puanlarının müdahalelerle geliştirilebildiğini desteklemektedir. Bununla birlikte söz konusu kanıtlar, ulusal politika programlarının maliyetleri ya da hizmet kullanımını değiştirdiğini doğrudan göstermemektedir. Ölçek puanındaki artışın gerçek kullanım becerisine ve sağlık sonuçlarına ne ölçüde yansıdığı da ayrıca araştırılmalıdır.

5. DÜNYADA DİJİTAL SAĞLIK OKURYAZARLIĞI POLİTİKALARI

Uluslararası yönlendirme düzeyi. DSÖ'nün *Dijital Sağlık Küresel Stratejisi*, dördüncü stratejik amacı olan kişi merkezli sağlık sistemleri başlığı altında DSO'nun geliştirilmesini açıkça hedefler arasında saymaktadır (WHO, 2021). DSÖ'nün duyurusuna göre söz konusu stratejinin süresi, Dünya Sağlık Asamblesinin 2025 yılındaki kararıyla 2027'ye kadar uzatılmıştır (WHO, 2025). Bölgesel düzeyde ise daha somut bir taahhüt görülmektedir. DSÖ Avrupa Bölgesinin 53 üye devleti tarafından Eylül 2022'de kabul edilen *Bölgesel Dijital Sağlık Eylem Planı 2023-2030*, dört stratejik önceliğinden birini ülkelerin

dijital dönüşümü yönetme kapasitesinin güçlendirilmesine ve DSO'nun geliştirilmesine ayırmıştır (WHO Regional Office for Europe, 2022). Türkiye'nin de bu bölgenin üyesi olduğu dikkate alındığında söz konusu plan, Türkiye açısından doğrudan bir politika referansıdır. Bu belgeler uluslararası yönlendirme niteliği taşır; ülkeler üzerinde bağlayıcı bir uygulama yükümlülüğü doğurmaz.

Avrupa'daki ampirik tablo, bu yönlendirmenin gerekçesini ortaya koymaktadır. DSÖ'nün M-POHL ağı tarafından 13 Avrupa ülkesinde 28.057 katılımcıyla yürütülen HLS19 araştırması, yetişkin nüfusun önemli bir kısmının sınırlı DSO becerisine sahip olduğunu göstermiştir. Araştırmada DSO'da belirgin bir sosyal gradyan bulunmuş, DSO düzeyinin bazı ülkelerde sağlık hizmeti kullanımıyla ilişkili olduğu saptanmıştır. Yazarlar; ulusal nüfus araştırmalarına geçerli DSO ölçümlerinin eklenmesini, örgütsel sağlık okuryazarlığının desteklenmesini ve dijital sağlık bilgisinde kalite güvencesi sağlanmasını önermiştir (Levin-Zamir vd., 2025). COVID-19 salgını ise konunun önemini artırmıştır. Dadaczynski ve arkadaşları (2021), salgın döneminde Almanya'daki üniversite öğrencilerinin DSO düzeyleri ile çevrimiçi bilgi arama davranışlarını incelemiş ve infodemi koşullarında güvenilir bilgiye ulaşmada DSO'nun önemine dikkat çekmiştir.

Ulusal politika tasarımı düzeyi. Almanya'da 2018 yılında yayımlanan *Ulusal Sağlık Okuryazarlığı Eylem Planı*, dört eylem alanında 15 öneri getirmiş ve bu önerilerden birini dijitalleşmenin fırsatlarından yararlanmaya ayırmıştır (Schaeffer vd., 2018). Plan, bilim insanlarının girişimiyle hazırlanmış ve Federal Sağlık Bakanlığının himayesinde kamuoyuna sunulmuştur. Bu nedenle bağlayıcı bir hükümet programından çok, politika yapıcılara yönelik bilimsel bir eylem önerisi niteliği taşımaktadır.

Avustralya, incelenen örnekler içinde DSO'yu politika tasarımına en açık biçimde dahil eden ülkedir. *Ulusal Dijital Sağlık Stratejisi 2023-2028*, dört "değişim kolaylaştırıcısından" birini güçlü DSO'ya sahip, bilgili ve kendine güvenen hastalar ile bakım verenler olarak tanımlamıştır (Australian Digital Health Agency, 2023a). Stratejinin uygulama yol haritasında DSO'ya ilişkin dört girişim yer almaktadır ve her biri için sorumlu kurumlar belirtilmiştir. Ancak bu girişimler aynı uygulama aşamasında değildir. İncelenen yol haritasında tüketicilere yönelik DSO programları 2028'e kadar sürecek biçimde "uygulamada" olarak sınıflandırılmıştır. Farklı DSO düzeylerine uygun dijital ürün geliştirme rehberlerinin kullanımı 2024-2028 dönemi için "planlama" aşamasında gösterilmiştir. DSO programlarının etkililiğinin araştırılması ve DSO'nun ulusal sağlık hizmeti güvenliği ve kalite standartlarında dikkate alınması ise hedef tarihi belirtilmemiş "gelecek" girişimler arasında yer almıştır (Australian Digital Health Agency, 2023b). Bu sınıflandırmalar belgenin yansıttığı duruma aittir; girişimlerin güncel uygulama düzeyi bu çalışmada ayrıca izlenmemiştir. Bu tablo, DSO'nun politika tasarımına dahil edildiğini göstermekle birlikte, girişimlerin tamamlandığını veya etkilerinin kanıtlandığını göstermemektedir. NATO tipolojisi açısından bilgi ve örgütlenme araçları belirgin olarak görülmektedir. Otorite aracı, kalite standartlarına ilişkin girişim yol haritasında gelecek aşamasında gösterildiği için potansiyel düzeyde kalmaktadır. İncelenen belgelerde DSO'ya özgü ayrı bir bütçe kalemi tespit edilmemiştir. Kemp ve arkadaşları (2021) da kanser bakımında dijital sağlık teknolojilerinin uygulanabilmesi için sağlık okuryazarlığı ve DSO'nun stratejik bir yaklaşımla ele alınması gerektiğini vurgulamıştır.

ABD'de *Healthy People 2030* ulusal programı, sağlık okuryazarlığını tarihinde ilk kez kapsayıcı hedeflerinden biri olarak belirlemiş ve kavramı kişisel ve örgütsel sağlık okuryazarlığı olmak üzere iki ayrı tanımla ele almıştır (Office of Disease Prevention and Health Promotion [ODPHP], 2026). Örgütsel tanım, sağlık bilgisi ve hizmeti üreten kurumların da okuryazarlığı geliştirmede sorumluluk taşıdığını kabul etmektedir. Bu örnek DSO'ya doğrudan değil, genel ve örgütsel sağlık okuryazarlığı üzerinden değinmektedir. Bununla birlikte programın sağlık okuryazarlığıyla ilişkilendirilen altı hedefinden biri (HC/HIT-D10), çevrim içi tıbbi kaydını kolay anlaşılır bulan bireylerin oranını artırmayı amaçlamaktadır (ODPHP, 2026). Bu hedef, ABD örneğinde DSO'ya en yakın bileşendir. Tablo 3, incelenen belgeleri DSO'ya yapılan vurgunun niteliği, somut müdahaleler ve uygulama durumu bakımından karşılaştırmaktadır.

© 2026 ISARC Academy

Tablo 3. İncelenen politika belgelerinde dijital sağlık okuryazarlığının yeri

Ülke / kurum	Belge	DSO vurgusu	Somut müdahale veya madde	Uygulama durumu	Bölüm / madde
DSÖ (küresel)	Dijital Sağlık Küresel Stratejisi 2020-2025 (2021); süre uzatmasına ilişkin DSÖ duyurusu (2025)	Doğrudan	DSO'nun geliştirilmesi ve dijital sağlık eğitimleri	Uluslararası yönlendirme; 2027'ye uzatıldı	Stratejik amaç 4
DSÖ Avrupa Bölgesi	Bölgesel Dijital Sağlık Eylem Planı 2023-2030 (2022)	Doğrudan	Ülke kapasitesinin güçlendirilmesi ve DSO'nun geliştirilmesi	Bölgesel taahhüt	Stratejik öncelik 2
Almanya	Ulusal Sağlık Okuryazarlığı Eylem Planı (2018)	Doğrudan (genel plan içinde)	Dijitalleşmenin fırsatlarından yararlanmaya yönelik öneri	Bilimsel eylem önerisi; bakanlık himayesi	15 öneriden biri
Avustralya	Ulusal Dijital Sağlık Stratejisi ve Uygulama Yol Haritası 2023-2028 (2023)	Doğrudan	DSO programları; ürün rehberleri; etkililik araştırması; kalite standartları	Yol haritasında: uygulamada (2.1.1); planlamada (2.1.2); gelecekte (2.1.3-2.1.4)	Öncelik 2.1; girişim 2.1.1-2.1.4
ABD	Healthy People 2030 sağlık okuryazarlığı sayfası	Dolaylı	Sağlık okuryazarlığı kapsayıcı hedef; örgütsel tanım; çevrim içi tıbbi kaydın anlaşılırlığı hedefi	Ulusal hedef çerçevesi	Kapsayıcı hedefler; tanımlar; HC/HIT-D10
Türkiye	On İkinci Kalkınma Planı (2023); Sağlık Bakanlığı raporu (2024) ve duyurusu (2025)	Doğrudan (Plan, madde 715.4)	Dijital sağlığın sisteme entegrasyonu; DSO'nun geliştirilmesi; DSO projeleri	Plan hedefi ve niyet beyanı; sayısal hedef, bütçe ve izleme göstergesi tespit edilmedi	Plan, 85. paragraf ve 715.4. madde

Kaynak: Belgeler esas alınarak yazarlar tarafından oluşturulmuştur. DSÖ belgeleri; uluslararası yönlendirme, ülke belgeleri; ulusal politika tasarımı niteliği taşır.

Tablo 3, DSO'nun uluslararası politika gündeminde yer bulduğunu, ancak ulusal belgelerdeki vurgunun ve somutluk düzeyinin belirgin biçimde farklılaştığını göstermektedir. Bazı belgelerde DSO genel bir ilke ya da öneri olarak yer alırken Avustralya örneğinde sorumlu kurumları tanımlanmış girişimlere dönüştürülmüştür. Bu fark, DSO'nun politika gündeminde kalıcı bir yer edinmesinin kurumsal tasarıma bağlı olduğunu düşündürmektedir.

6. TÜRKİYE'DE DURUM

Türkiye'de genel internet kullanım oranı yüksektir. 2026 yılında 16-74 yaş grubunda internet kullanım oranı erkeklerde %94,8, kadınlarda %89,9 olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2026). Sağlık Bakanlığının TSOY-32 ölçeğiyle yürüttüğü ilk ulusal araştırmada ise katılımcıların %30,9'unun yetersiz, %38'inin sınırlı sağlık okuryazarlığına sahip olduğu belirlenmiş; yeterli ve mükemmel düzeydekilerin toplam payı %31,1 olarak bulunmuştur (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2018). Araştırmanın 2023 yılında aynı ölçekle tekrarlanan ikinci dalgasında bu pay %46,1'e yükselmiştir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2024). İki dalga arasındaki yaklaşık 15 yüzde puanlık artış olumlu bir eğilime işaret etmektedir. Bununla birlikte

© 2026 ISARC Academy

örneklem yapısı ve uygulama koşullarındaki olası farklılıklar nedeniyle bu karşılaştırma ihtiyatla yorumlanmalıdır.

İnternet kullanım oranı ile genel sağlık okuryazarlığı oranı, farklı yıllara, ölçümlere ve örneklemlere dayanan göstergelerdir. Bu nedenle aralarındaki fark, nicel bir "DSO açığı" olarak yorumlanamaz. Bu verilerden çıkarılabilecek daha sağlam sonuç, yüksek internet kullanımının sağlık bilgisini değerlendirme yetkinliğini kendiliğinden güvence altına almadığı ve DSO'nun ayrıca ölçülmesi gerektiğidir. Nitekim incelenen ulusal raporlarda DSO ayrı bir boyut olarak raporlanmamaktadır.

Politika belgeleri düzeyinde ise olumlu bir farkındalık bulunmaktadır. On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028), dijital sağlık uygulamalarının yaygınlaştığını ve sağlık hizmetlerinin hizmeti alan kişilerin tercihlerine dayanan bir yapıya evrildiğini tespit etmiş, dijital sağlık hizmetlerinin sağlık sistemine entegrasyonunu önemli politika alanları arasında saymıştır. Plan'ın 715.4. maddesinde ise dijital sağlık okuryazarlığının geliştirilmesi açıkça hedeflenmektedir (Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023); bu hedef, Sağlık Bakanlığının araştırma raporunda da aktarılmıştır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2024). Bakanlık, raporun yayımlanmasına ilişkin duyurusunda da DSO'yu güçlendiren projeleri gelecek dönem çalışmaları arasında saymıştır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2025).

Dolayısıyla On İkinci Kalkınma Planı, dijital sağlık okuryazarlığının geliştirilmesini açıkça hedeflemektedir. Bununla birlikte bu çalışma kapsamında incelenen belgelerde, bu hedefe özgü sayısal hedef, bütçe ve izleme göstergesi tespit edilmemiştir. Bu bulgu, söz konusu unsurların Türkiye'nin başka belge veya programlarında bulunmadığı anlamına gelmez; ancak incelenen belgelerde DSO'nun bir politika hedefi olarak tanımlandığını, bu hedefin ise ölçülebilir bir izleme çerçevesine bağlanmadığını göstermektedir.

7. TARTIŞMA

Bildirinin başlığındaki soruya bu çalışmanın yanıtı iki katmanlıdır. Hood ve Margetts'in (2007) tipolojisi açısından dar anlamıyla DSO bir politika aracı değildir; çünkü bir müdahale mekanizması değil, araçların geliştirmeye yöneldiği bir yetkinlik ve hedeftir. Geniş anlamıyla ise DSO, diğer sağlık politikalarının etkisine aracılık edebilecek bir kapasite olarak politika tasarımının merkezine alınmayı hak etmektedir. Bu ayrım, kavramsal bir inceliğin ötesinde pratik bir sonuç doğurur: DSO'yu geliştiren araçlar ile DSO'nun aracılık ettiği hedefler ayrı ayrı izlenmelidir. Bu çerçevede üç tartışma ekseni öne çıkmaktadır.

Birinci eksen, eşitliktir. Sağlık okuryazarlığı; yaş, eğitim ve gelir gibi sosyal belirleyicilerle güçlü bir gradyan göstermektedir (Sørensen vd., 2012). Neter ve Brainin (2012), e-sağlık okuryazarlığının dijital uçurumu sağlık bilgisi alanına taşıdığını ortaya koymuş; HLS19 bulguları benzer bir sosyal gradyanın Avrupa genelinde DSO için de geçerli olduğunu göstermiştir (Levin-Zamir vd., 2025). Bu nedenle DSO'yu dikkate almayan bir dijitalleşme politikasının, iyi niyetle tasarlanmış olsa bile, eşitsizlikleri artırma riski bulunmaktadır.

İkinci eksen, sorumluluğun paylaşımıdır. DSO'yu yalnızca bireysel bir eksiklik olarak görmek, sorumluluğun tamamını kullanıcıya yüklemek anlamına gelir. Oysa örgütsel sağlık okuryazarlığı yaklaşımı, sağlık kurumlarının da hizmetlerini düşük okuryazarlığa sahip kişilerin anlayabileceği biçimde tasarlama yükümlülüğü taşıdığını vurgular (Kickbusch vd., 2013). Norgaard ve arkadaşlarının (2015) çerçevesinde dijital hizmetlerin bireysel ihtiyaçlara uygunluğunun DSO'nun bir boyutu olarak tanımlanması ve ABD'nin *Healthy People 2030* programında örgütsel sağlık okuryazarlığının ayrıca tanımlanması (ODPHP, 2026) aynı anlayışın yansımalarıdır. Sağlık yönetimi perspektifinden bakıldığında karmaşık arayüzler, tıbbi terimlerle yüklü bilgilendirmeler ve çok adımlı doğrulama süreçleri, yalnızca kullanıcının değil, sistem tasarımının da sorunudur.

Üçüncü eksen, ölçme ve izlemedir. Politika döngüsünün izleme ve değerlendirme aşaması, güvenilir göstergeler olmadan işletilemez. eHEALS'ın Türkçe uyarlamaları (Coşkun ve Bebiş, 2015; Tamer Gencer, 2017) ve DHLI'nin Türkçe formu (Çetin ve Gümüş, 2023) yerel araştırmalar için önemli bir zemin oluşturmaktadır. Bununla birlikte eHEALS'ın etkileşimli dijital becerileri sınırlı ölçtüğü

© 2026 ISARC Academy

bilinmektedir (van der Vaart ve Drossaert, 2017). Gümüş ve Çetin'in (2022) de vurguladığı gibi, ulusal izleme için uluslararası literatürle uyumlu araçlara ihtiyaç vardır. Bu bağlamda HLS19 kapsamında geliştirilen ve uluslararası karşılaştırma imkânı sunan araçların ulusal araştırmalara uyarlanması yararlı olacaktır (Levin-Zamir vd., 2025).

Sınırlılıklar. Bu çalışma, seçilmiş belgelere dayanan kavramsal bir politika analizidir; sistematik bir tarama içermemektedir. Ülke örnekleri amaçlı olarak seçilmiştir ve tüm dünyayı temsil etme iddiası taşımamaktadır. Belgelerin değerlendirilmesinde bağımsız çift kodlama yapılmamıştır. Ayrıca çalışma, DSO'ya yönelik politika müdahalelerinin hizmet kullanımı, sağlık sonuçları ve maliyetler üzerindeki etkisini ampirik olarak sınamamaktadır.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; DSO'nun bir sağlık politikası aracı olup olmadığı sorusu, kamu politikası araçları tipolojisi çerçevesinde ve seçilmiş küresel örnekler ışığında tartışılmıştır. Ulaşılan temel sonuç şudur: DSO, dar anlamıyla bir politika aracı değil, politika araçlarının yöneldiği bir hedef ve diğer sağlık politikalarının etkisine aracılık edebilecek stratejik bir kapasitedir. Meta-analitik bulgular, bu kapasiteyle ilişkili ölçek puanlarının hedefli müdahalelerle geliştirilebildiğini desteklemektedir. DSÖ'nün küresel ve bölgesel belgeleri DSO'ya doğrudan yer vermekte; Avustralya ise DSO'yu sorumlu kurumları tanımlanmış girişimlerle politika tasarımına dâhil etmektedir. Türkiye'de ise On İkinci Kalkınma Planı DSO'nun geliştirilmesini açıkça hedeflemekle birlikte, incelenen belgelerde bu hedefe özgü sayısal hedef, bütçe ve izleme göstergesi tespit edilmemiştir.

Bu sonuçlardan hareketle önerilen politika adımları, sorumlu aktörler, ilgili NATO araçları ve izleme göstergeleriyle birlikte Tablo 4'te sunulmaktadır. Göstergeler, faaliyet ve sonuç göstergelerini birlikte içerecek biçimde tasarlanmıştır. Sonuç göstergelerinde mümkün olduğunca kullanıcının bir dijital sağlık görevini başarıyla tamamlayıp tamamlayamadığı esas alınmıştır.

Tablo 4. Önerilen Politika Adımları, Sorumlu Aktörler Ve İzleme Göstergeleri

Öneri	Önerilen sorumlu aktör	NATO aracı	Önerilen izleme göstergesi
Ulusal sağlık okuryazarlığı araştırmasına DSO modülü eklenmesi	Sağlık Bakanlığı, Sağlığın Geliştirilmesi Genel Müdürlüğü; TÜİK	Bilgi	DSO'nun uluslararası karşılaştırılabilir bir araçla düzenli aralıklarla raporlanması
Plan'daki DSO hedefinin (madde 715.4) sayısal hedefe dönüştürülmesi; sorumlu birime resmî görev ve düzenli raporlama yükümlülüğü verilmesi	Strateji ve Bütçe Başkanlığı; Sağlık Bakanlığı	Otorite	Sayısal DSO hedefinin, görevlendirilen birimin ve raporlama takviminin belgede yer alması; yıllık izleme raporlarının yayımlanması
Öncelikli gruplara yönelik DSO programları için bütçe ayrılması	Sağlık Bakanlığı; yerel yönetimler	Hazine	Program kapsamındaki yaşlı, kırsal ve engelli bireylerde DSO puanındaki değişim
Birinci basamakta dijital sağlık rehberliği	Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü; aile sağlığı merkezleri ve sağlıklı hayat merkezleri	Örgütlenme	Rehberlik sonrasında e-Nabız'da tahlil sonucuna erişme gibi bir görevi bağımsız tamamlayabilenlerin oranı
Kamu dijital sağlık uygulamaları için sade dil ve erişilebilirlik standardı	Sağlık Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü	Otorite	Düşük DSO düzeyindeki kullanıcıların kullanılabilirlik testlerindeki görev tamamlama başarısı

© 2026 ISARC Academy

Öneri	Önerilen sorumlu aktör	NATO aracı	Önerilen izleme göstergesi
Sağlık bilgisi sunan platformlar için güvenilirlik işareti	Sağlık Bakanlığı; ilgili meslek kuruluşları	Otorite, bilgi	İşaret almış platformların oranı ve kullanıcıların güvenilir kaynağı ayırt etme başarısı
Sağlık bilimleri müfredatına DSO odaklı iletişim becerileri eklenmesi	Yükseköğretim Kurulu; sağlık bilimleri fakülteleri	Örgütlenme	İlgili dersi içeren program oranı ve mezunların hasta iletişimi becerilerine ilişkin değerlendirme sonuçları
DSÖ Avrupa planıyla uyumlu ulusal DSO eylem planı ve etki araştırmaları	Sağlık Bakanlığı; TÜBİTAK; üniversiteler	Bilgi, örgütlenme	Eylem planının yayımlanması ve hizmet kullanımı ile sağlık sonuçlarını izleyen değerlendirme çalışmalarının sayısı

Kaynak: Yazarlar tarafından önerilmiştir. Sorumlu aktörler ve göstergeler, mevcut bir mevzuat düzenlemesini değil, yazarların önerisini yansıtmaktadır.

Sonuç olarak, dijitalleşen bir sağlık sisteminde başarının ölçütü, yalnızca geliştirilen uygulamaların sayısı değil; bireylerin bu uygulamaları ne ölçüde bilinçli ve etkin biçimde kullanabildiğidir. Bu nedenle DSO'nun, dijital sağlık politikasının tamamlayıcı bir unsuru olarak değil, izlenen ve hedeflenen temel bileşenlerinden biri olarak ele alınması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Australian Digital Health Agency. (2023a). *National digital health strategy 2023–2028*. Commonwealth of Australia. https://www.digitalhealth.gov.au/sites/default/files/documents/national-digital-health-strategy-2023-2028.pdf

Australian Digital Health Agency. (2023b). *National digital health strategy: Strategy delivery roadmap 2023–2028*. Commonwealth of Australia. https://www.digitalhealth.gov.au/sites/default/files/documents/national-digital-health-strategy-roadmap-2023-2028.pdf

Barbati, C., Maranesi, E., Giammarchi, C., Lenge, M., Bonciani, M., Barbi, E., Vigezzi, G. P., Dragoni, M., Bailoni, T., Odone, A., & Bevilacqua, R. (2025). Effectiveness of eHealth literacy interventions: A systematic review and meta-analysis of experimental studies. *BMC Public Health, 25,* Article 288. https://doi.org/10.1186/s12889-025-21354-x

Coşkun, S., & Bebiş, H. (2015). Adolesanlarda e-sağlık okuryazarlığı ölçeği: Türkçe geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Gülhane Tıp Dergisi, 57*(4), 378–384. https://doi.org/10.5455/gulhane.157832

Çetin, M., & Gümüş, R. (2023). Research into the relationship between digital health literacy and healthy lifestyle behaviors: An intergenerational comparison. *Frontiers in Public Health, 11*, Article 1259412. https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1259412

Dadaczynski, K., Okan, O., Messer, M., Leung, A. Y. M., Rosário, R., Darlington, E., & Rathmann, K. (2021). Digital health literacy and web-based information-seeking behaviors of university students in Germany during the COVID-19 pandemic: Cross-sectional survey study. *Journal of Medical Internet Research, 23*(1), e24097. https://doi.org/10.2196/24097

Deniz, S. (2023). Effects of e-health literacy on rational drug use: The mediating role of health perception. *International Journal of Health Services Research and Policy, 8*(3), 175–182. https://doi.org/10.33457/ijhsrp.1328268

© 2026 ISARC Academy

Gümüş, R., & Çetin, M. (2022). Digital technology use in Turkey and the need for new eHealth literacy measurement tools. *Journal of International Health Sciences and Management, 8*(16), 59–68. https://doi.org/10.48121/jihsam.1152981

Hood, C. C., & Margetts, H. Z. (2007). *The tools of government in the digital age*. Palgrave Macmillan.

Howlett, M. (2011). *Designing public policies: Principles and instruments*. Routledge.

Kemp, E., Trigg, J., Beatty, L., Christensen, C., Dhillon, H. M., Maeder, A., Williams, P. A. H., & Koczwara, B. (2021). Health literacy, digital health literacy and the implementation of digital health technologies in cancer care: The need for a strategic approach. *Health Promotion Journal of Australia, 32*(S1), 104–114. https://doi.org/10.1002/hpja.387

Kickbusch, I., Pelikan, J. M., Apfel, F., & Tsouros, A. D. (Eds.). (2013). *Health literacy: The solid facts*. WHO Regional Office for Europe.

Kickbusch, I., Piselli, D., Agrawal, A., Balicer, R., Banner, O., Adelhardt, M., Capobianco, E., Fabian, C., Gill, A. S., Lupton, D., Medhora, R. P., Ndili, N., Ryś, A., Sambuli, N., Settle, D., Swaminathan, S., Morales, J. V., Wolpert, M., Wyckoff, A. W., . . . Wong, B. L. H. (2021). The Lancet and Financial Times Commission on governing health futures 2030: Growing up in a digital world. *The Lancet, 398*(10312), 1727–1776. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01824-9

Korkmaz Aslan, G. (2025). E-sağlık okuryazarlığı eğitiminin hemşirelik öğrencilerinin e-sağlık okuryazarlığı düzeyine etkisi: Yarı deneysel çalışma. *Türkiye Klinikleri Hemşirelik Bilimleri Dergisi, 17*(2), 459–465. https://doi.org/10.5336/nurses.2024-105249

Levin-Zamir, D., Van den Broucke, S., Bíró, É., Bøggild, H., Bruton, L., De Gani, S. M., Søberg Finbråten, H., Gibney, S., Griebler, R., Griese, L., Guttersrud, Ø., Klocháňová, Z., Kucera, Z., Le, C., Link, T., Mancini, J., Miksova, D., Schaeffer, D., Ribeiro da Silva, C., . . . Pelikan, J. (2025). Measuring digital health literacy and its associations with determinants and health outcomes in 13 countries. *Frontiers in Public Health, 13*, Article 1472706. https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1472706

Neter, E., & Brainin, E. (2012). eHealth literacy: Extending the digital divide to the realm of health information. *Journal of Medical Internet Research, 14*(1), e19. https://doi.org/10.2196/jmir.1619

Norgaard, O., Furstrand, D., Klokker, L., Karnoe, A., Batterham, R., Kayser, L., & Osborne, R. H. (2015). The e-health literacy framework: A conceptual framework for characterizing e-health users and their interaction with e-health systems. *Knowledge Management & E-Learning, 7*(4), 522–540. https://doi.org/10.34105/j.kmel.2015.07.035

Norman, C. D., & Skinner, H. A. (2006a). eHEALS: The eHealth Literacy Scale. *Journal of Medical Internet Research, 8*(4), e27. https://doi.org/10.2196/jmir.8.4.e27

Norman, C. D., & Skinner, H. A. (2006b). eHealth literacy: Essential skills for consumer health in a networked world. *Journal of Medical Internet Research, 8*(2), e9. https://doi.org/10.2196/jmir.8.2.e9

Nutbeam, D. (2000). Health literacy as a public health goal: A challenge for contemporary health education and communication strategies into the 21st century. *Health Promotion International, 15*(3), 259–267. https://doi.org/10.1093/heapro/15.3.259

Office of Disease Prevention and Health Promotion. (2026). *Health literacy in Healthy People 2030*. U.S. Department of Health and Human Services. https://odphp.health.gov/healthypeople/priority-areas/health-literacy-healthy-people-2030

Paasche-Orlow, M. K., & Wolf, M. S. (2007). The causal pathways linking health literacy to health outcomes. *American Journal of Health Behavior, 31*(Suppl. 1), S19–S26. https://doi.org/10.5555/ajhb.2007.31.supp.S19

© 2026 ISARC Academy

Schaeffer, D., Hurrelmann, K., Bauer, U., & Kolpatzik, K. (Eds.). (2018). *Nationaler Aktionsplan Gesundheitskompetenz: Die Gesundheitskompetenz in Deutschland stärken*. KomPart.

Sørensen, K., Van den Broucke, S., Fullam, J., Doyle, G., Pelikan, J., Slonska, Z., & Brand, H. (2012). Health literacy and public health: A systematic review and integration of definitions and models. *BMC Public Health, 12*, Article 80. https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-80

Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). *On İkinci Kalkınma Planı (2024–2028)*. T.C. Cumhurbaşkanlığı. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_11122023.pdf

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2018). *Türkiye sağlık okuryazarlığı düzeyi ve ilişkili faktörleri araştırması*. Sağlığın Geliştirilmesi Genel Müdürlüğü.

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2024). *Türkiye sağlık okuryazarlığı düzeyi ve ilişkili faktörleri araştırması* (Yayın No. 1298). Sağlığın Geliştirilmesi Genel Müdürlüğü. https://dosyamerkez.saglik.gov.tr/Eklenti/50280/0/turkiye-saglik-okuryazarligi-ve-iliskili-faktorleri-arastirmasipdf.pdf

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2025, 12 Şubat). *Türkiye sağlık okuryazarlığı düzeyi ve ilişkili faktörleri araştırması raporu yayımlandı* [Duyuru]. Sağlığın Geliştirilmesi Genel Müdürlüğü. https://sggm.saglik.gov.tr/TR-107279/turkiye-saglik-okuryazarligi-duzeyi-ve-iliskili-faktorleri-arastirmasi-raporu-yayimlandi.html

Tamer Gencer, Z. (2017). Norman ve Skinner'in e-sağlık okuryazarlığı ölçeğinin kültürel uyarlaması için geçerlilik ve güvenilirlik çalışması. *İstanbul Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*, (52), 131–145. https://doi.org/10.17064/iuifd.333165

Türkiye İstatistik Kurumu. (2026, 5 Ağustos). *Hanehalkı bilişim teknolojileri (BT) kullanım araştırması, 2026* [Haber bülteni]. https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/58006

van der Vaart, R., & Drossaert, C. (2017). Development of the Digital Health Literacy Instrument: Measuring a broad spectrum of Health 1.0 and Health 2.0 skills. *Journal of Medical Internet Research, 19*(1), e27. https://doi.org/10.2196/jmir.6709

van Kessel, R., Wong, B. L. H., Clemens, T., & Brand, H. (2022). Digital health literacy as a super determinant of health: More than simply the sum of its parts. *Internet Interventions, 27*, Article 100500. https://doi.org/10.1016/j.invent.2022.100500

World Health Organization. (2021). *Global strategy on digital health 2020–2025*. WHO.

World Health Organization. (2025, May 23). *The World Health Assembly endorses the extension of the Global Strategy on Digital Health to 2027 and approves the next phase for 2028–2033* [News release]. https://www.who.int/news/item/23-05-2025-world-health-assembly-endorses-extension-of-the-global-digital-health-strategy-to-2027

WHO Regional Office for Europe. (2022). *Regional digital health action plan for the WHO European Region 2023–2030* (EUR/RC72/5). WHO Regional Office for Europe.

© 2026 ISARC Academy

ENGELLİ ÇOCUKLAR VE EBEVEYNLERİNİN SAĞLIK HİZMETİNE ERİŞİM ENGELLERİ: HALK SAĞLIĞI HEMŞİRELİĞİ PERSPEKTİFİ

Dr. Tuba BAY KULA

Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İstanbul, Üsküdar

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7533-6690

Özet

Engelli çocuklar akranlarına göre daha sık ve çok disiplinli sağlık hizmetine gereksinim duymakta, ancak bu hizmetlere erişimde daha fazla engelle karşılaşmaktadır. Fiziksel erişilebilirliğin yetersizliği, sağlık profesyonellerinin engelliliğe ilişkin bilgi eksikliği ve hizmetlerin parçalı yapısı bu eşitsizliğin başlıca nedenleri arasındadır. Çocuğun sağlık sistemine erişimi büyük ölçüde ebeveyn aracılığıyla gerçekleştiğinden, sistemdeki her engel ebeveynin omuzlarına yüklenmektedir. Ebeveynler bu süreçte hem çocuklarının bakım vereni hem de uzun süreli bakım yükü nedeniyle kendi sağlıkları risk altında olan bireylerdir. Bu ebeveynlerde stres, depresyon, anksiyete, tükenmişlik ve kas-iskelet sistemi sorunları daha sık görülmektedir. Ancak sağlık hizmetlerinin odağında çoğunlukla çocuk yer almakta ve ebeveynler bakımın "görünmeyen" hastaları olarak kalmaktadır. Bu derlemede, engelli çocukların ebeveynlerinin hem çocukları için hem de kendi sağlık gereksinimleri için sağlık hizmetlerine erişimde karşılaştıkları engeller güncel literatür ışığında ele alınmış ve halk sağlığı hemşireliği girişimleri tartışılmıştır. Bu engeller sağlık okuryazarlığının yetersizliği, randevu alma güçlükleri, uzun bekleme süreleri, fiziksel ulaşım sorunları, maliyet, koordinasyon eksikliği, bakımı geçici olarak üstlenebilecek kimsenin olmayışı ve bakım veren sağlığının rutin olarak değerlendirilmemesi gibi pek çok faktörden oluşmaktadır. Söz konusu engeller birbirini besleyen bir döngü oluşturmaktadır. Çocuğun sağlık hizmetine erişimindeki her güçlük ebeveynin zamanını, enerjisini ve ekonomik kaynaklarını tüketmekte, böylece ebeveynin kendi sağlığına ayırabileceği kaynaklar azalmaktadır. Ebeveyn sağlığının bozulması ise çocuğa sunulan bakımın niteliğini ve sürekliliğini tehdit etmektedir. Bakım yükünün büyük ölçüde annelere düşmesi bu engelleri daha da derinleştirmektedir. Engelli çocuğun ve ebeveyninin sağlığı birbirinden bağımsız ele alınamaz. Bu nedenle aile bütüncül olarak değerlendirilmelidir. Halk sağlığı hemşireleri ev ziyaretleri, bakım verenlere yönelik taramalar, sağlık okuryazarlığını geliştiren eğitimler, vaka yönetimi, sağlık danışmanlığı ve savunuculuk rolleriyle bu engellerin azaltılmasında kilit rol üstlenebilir. Bu doğrultuda çocuk ve ebeveyni bir bütün olarak değerlendirerek hizmet sunan esnek modellerin geliştirilmesi, destek hizmetlerinin yaygınlaştırılması ve bakım veren sağlığının birinci basamakta rutin olarak izlenmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Engelli çocuk, ebeveyn, sağlık hizmetlerine erişim, sağlık okuryazarlığı, halk sağlığı hemşireliği

BARRIERS TO HEALTH SERVICES ACCESS FOR CHILDREN WITH DISABILITIES AND THEIR PARENTS: A PUBLIC HEALTH NURSING PERSPECTIVE

Abstract

Children with disabilities need health services more often, and from more disciplines, than their peers, yet they face greater barriers to accessing these services. Inadequate physical accessibility, health professionals' limited knowledge about disability and the fragmented structure of services are among the main causes of this inequity. Because a child's access to the health system largely takes place through the parent, every barrier in the system falls on the parent's shoulders. In this process, parents are both caregivers for their children and individuals whose own health is at risk because of the long-term burden of care. Stress, depression, anxiety, burnout and musculoskeletal problems are more common among these parents. However, health services mostly focus on the child, and parents remain the "invisible"

© 2026 ISARC Academy

patients of care. This review examines, in light of the current literature, the barriers that parents of children with disabilities face in accessing health services, both for their children and for their own health needs. It also discusses public health nursing interventions. These barriers include many factors, such as inadequate health literacy, difficulty obtaining appointments, long waiting times, physical transportation problems, cost, lack of coordination, the lack of anyone who can temporarily take over caregiving, and the failure to routinely assess caregiver health. The barriers form a mutually reinforcing cycle. Every difficulty in the child's access to health services drains the parent's time, energy and financial resources, which leaves fewer resources for the parent's own health. Deterioration in the parent's health, in turn, threatens the quality and continuity of the care provided to the child. Because the burden of care falls largely on mothers, these barriers become even deeper. The health of a child with a disability and the health of their parents cannot be considered separately. The family should therefore be assessed holistically. Public health nurses can play a key role in reducing these barriers through home visits, screening for caregivers, education to improve health literacy, case management, health counselling and advocacy. Accordingly, the review recommends developing flexible service models that assess the child and parent together, expanding support services and routinely monitoring caregiver health in primary care.

Keywords: Children with disabilities, parents, access to health services, health literacy, public health nursing

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu (UNICEF) dünyada her on çocuktan birinin engelli olduğunu bildirmektedir (United Nations Children's Fund [UNICEF], 2021). Engelli çocukların sağlık gereksinimleri yalnızca engellilikle ilişkili değerlendirme, rehabilitasyon veya tedavilerle sınırlı değildir. Büyüme ve gelişmenin izlenmesi, bağışıklama, ağız ve diş sağlığı, beslenme, uyku, ruh sağlığı, cinsel sağlık, yaralanmaların önlenmesi ve yaşa uygun koruyucu sağlık hizmetleri de bu çocuklar için önem taşımaktadır. Engelliliğe özgü hizmetlere ek olarak genel sağlık hizmetlerine de gereksinim duymaları, bu çocukların sağlık hizmetlerinden düzenli ve kapsamlı biçimde yararlanmasını önemli kılmaktadır. Buna karşın, sağlık gereksinimlerinin karşılanmasında akranlarına kıyasla daha fazla güçlük yaşayabilmektedirler (Kuo ve ark., 2014; WHO, 2022). Sağlık hizmetlerine erişim, sağlık gereksinimlerinin belirlenmesi, uygun hizmetlerin bulunması, hizmetlere ulaşılması ve sunulan bakımdan yararlanılması süreçlerini kapsayan çok boyutlu bir kavramdır (Levesque ve ark., 2013). Engelli çocuklar bu süreçlerin her aşamasında fiziksel çevre, iletişim, toplumsal tutumlar, ekonomik koşullar ve sağlık sisteminin örgütlenmesiyle ilişkili engellerle karşılaşabilmektedir.

Çocukluk döneminde sağlık hizmetine erişim büyük ölçüde ebeveyn aracılığıyla gerçekleştiğinden, çocuk için hizmet arama, randevu ve kurumlar arası geçiş süreçlerinin önemli bir bölümü ebeveyn tarafından yürütülür. Bu sorumluluk, ebeveynin kendi sağlık gereksinimlerini ertelemesine veya karşılanmamış gereksinimlerle yaşamasına yol açabilir. Bu nedenle çocuk ve ebeveynin sağlık gereksinimleri birbiriyle ilişkili olmakla birlikte ayrı ayrı da değerlendirilmelidir. Ebeveynlerin ruh sağlığına ilişkin kanıtlar ve kendi sağlık hizmetlerine erişim güçlükleri ilerleyen bölümlerde ayrıca ele alınmaktadır.

Halk sağlığı hemşireleri, aileyi bir bütün olarak ele alan bakış açıları, ev ziyaretleri, birinci basamaktaki konumları ve toplum temelli çalışmaları ile çoğu zaman görünmez kalan bu gereksinimleri çocuğun gereksinimleriyle birlikte değerlendirebilecek konumdadır. Literatürde engelli çocukların ve ebeveynlerinin sağlık hizmetine erişimini ele alan ve halk sağlığı hemşireliği açısından tartışan çalışmalara gereksinim bulunmaktadır. Bu derlemenin amacı, engelli çocukların ve ebeveynlerinin sağlık hizmetlerine erişimde karşılaştıkları engelleri ele almak ve bu engellerin azaltılmasında halk sağlığı hemşireliğinin rolünü tartışmaktır.

© 2026 ISARC Academy

2. ENGELLİLİĞİN TANIMI VE EPİDEMİYOLOJİSİ

Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) 2001 yılında yayımladığı İşlevsellik, Yeti Yitimi ve Sağlığın Uluslararası Sınıflandırmasına (ICF) göre engellilik, sağlık durumu ile bireysel ve çevresel faktörler arasındaki etkileşimden ortaya çıkan, beden işlev ve yapılarındaki bozuklukları, etkinlik sınırlılıklarını ve katılım kısıtlılıklarını kapsayan şemsiye bir kavramdır. DSÖ, çocukların gelişim sürecini ve çevresiyle ilişkisini dikkate alan bir çocuk ve genç sürümü (ICF-CY) de geliştirmiştir (WHO, 2007). Birleşmiş Milletler Engelli Kişilerin Haklarına İlişkin Sözleşme (2006) de engelliliği, bireyin bozuklukları ile tutumsal ve çevresel engeller arasındaki etkileşimden doğan ve topluma tam ve etkin katılımı engelleyen bir durum olarak tanımlamaktadır. Her iki tanım da engelliliğin yalnızca bireye ait bir özellik olarak değerlendirilmemesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Sözleşme, engelli bireylerin ayrımcılığa uğramadan en yüksek sağlık standardına erişim hakkını güvence altına almaktadır. Türkiye, Sözleşme'yi 5825 sayılı Kanunla 2008'de onaylanması uygun bulmuş ve 2009 yılında onaylamıştır. 5378 sayılı Engelliler Hakkında Kanun (2005) da engelli bireyi, fiziksel, zihinsel, ruhsal ve duyusal yetilerindeki kayıp nedeniyle topluma diğer bireylerle eşit koşullarda katılımı tutum ve çevre koşulları tarafından kısıtlanan birey olarak tanımlamaktadır (Topaloğlu Ören ve ark., 2021).

Engelliliğin sıklığını belirlemek, kullanılan tanıma, ölçüm yöntemine, yaş grubuna, veri kaynağına ve ülkenin kayıt sistemine bağlıdır. DSÖ'nün 2022 yılında yayımladığı Küresel Sağlıkta Hakkaniyet Raporu'na göre dünyada yaklaşık 1,3 milyar engelli birey bulunmaktadır. UNICEF'in 2021 tarihli raporunda, dünya genelinde yaklaşık 240 milyon çocuğun engellilikle ilişkili işlevsel güçlükler yaşadığı tahmin edilmektedir (UNICEF, 2021). Çocukluk çağı engelliliği yüksek gelirli ülkelerde artış göstermektedir. Birleşik Krallık'ta Aile Kaynakları Araştırması'na göre çocuklarda engellilik oranı 2013-2014 yılındaki %7 düzeyinden 2023-2024 yılında %12'ye yükselmiştir (Department for Work and Pensions [DWP], 2025). İngiltere'de 1,7 milyondan fazla öğrencinin özel eğitim gereksinimi bulunmaktadır (Department for Education [DfE], 2025). Nörogelişimsel durumların sıklığı da artmaktadır. ABD'de 8 yaşındaki çocukların 31'de birinin otizm spektrum bozukluğu (OSB) tanısı aldığı bildirilmektedir (Shaw ve ark., 2025). Bu göstergeler, farklı tanımlar ve ölçüm yaklaşımlarıyla elde edildiğinden doğrudan karşılaştırılamasa da çocukların sağlık ve destek hizmeti gereksinimlerinin çeşitliliğine dikkat çekmektedir.

Türkiye'de Ulusal Engelli Veri Sistemi'ne (UEVS) kayıtlı engelli birey sayısı 2.511.950'dir. Bu kayıtlarda 0-4 yaş grubunda 33.185, 5-9 yaş grubunda 91.059, 10-14 yaş grubunda 122.807 ve 15-19 yaş grubunda 134.078 birey bulunmaktadır (ASHB, 2023). 0-19 yaş grubundaki (18-19 yaşları da içeren) toplam 381.129 birey, kayıtlı engellilerin yaklaşık %15'ini oluşturmaktadır; bu aralık, çocuk nüfusuyla birebir örtüşmemektedir. Kayıtlı sayıların yaş gruplarına göre farklılaşması ise nüfus paydaları ve kayıt süreçleri bilinmeden tanı ya da kayıt gecikmesi göstergesi olarak yorumlanmamalıdır. Ancak bu sistem yalnızca sağlık kurulu raporu almış bireyleri kapsadığından, gerçek sayının daha yüksek olması olasıdır. Topaloğlu Ören ve arkadaşları (2021) da Türkiye'de engelliliğe ilişkin verilerin büyük bölümünün 2010 yılına ait olduğunu ve güncel, karşılaştırılabilir verilere gereksinim duyulduğunu vurgulamaktadır.

3. ÇOCUKLUK ÇAĞINDA ENGELLİLİK TÜRLERİ VE GÖRÜNMEYEN ENGELLİLİKLER

3.1. Engellilik Türleri

Çocukluk çağında engellilik, farklı işlev alanlarını ve gelişim süreçlerini etkileyen çeşitli durumları kapsar. Engellilik türleri birbirinden kesin sınırlarla ayrılmayabilir. Bir çocukta birden fazla yetersizlik veya sağlık durumu aynı anda bulunabilir. Aşağıda engellilik türleri büyük ölçüde UEVS'de kullanılan sınıflandırma temel alınarak ele alınmıştır. Türkiye'de UEVS'ye kayıtlı bireylerin %40,6'sı süreğen hastalık, %17,1'i zihinsel, %13,8'i ortopedik, %9,5'i görme, %8'i işitme, %7,6'sı ruhsal ve duygusal, %1,5'i ise dil ve konuşma engeli grubundadır (ASHB, 2023). Bu dağılım tüm yaş gruplarını yansıtmaktadır; çocuklara özgü oranlar raporlanmamıştır.

© 2026 ISARC Academy

- ***Ortopedik (fiziksel) engellilik:*** Kas ve iskelet sisteminde yetersizlik, eksiklik ve fonksiyon kaybı olan kişileri kapsar. El, kol, bacak, ayak, parmak ve omurgalarında kısalık, eksiklik, fazlalık, yokluk, serebral palsi, spina bifida, omurilik yaralanmaları, kas hastalıkları ve diğer kas-iskelet sistemi hastalıkları ile uzuv kayıplarına bağlı hareket kısıtlılıkları içerir. Bu grupta rampalar, asansörler, uygun muayene masaları ve taşıma ekipmanları gibi fiziksel erişilebilirlik düzenlemeleri temel erişim sorunudur (Gréaux ve ark., 2023; WHO, 2022).
- ***Görme engeli:*** Tek veya iki güzde tam veya kısmi görme kaybını kapsar. Bu grupta erişim sorunları sağlık kuruluşu içinde yön bulma, yazılı bilgilendirme materyallerine ulaşma ve randevu sistemlerini kullanma alanlarında yoğunlaşmaktadır (Gréaux ve ark., 2023).
- ***İşitme engeli:*** Tek veya iki kulakta tam veya kısmi işitme kayıplarını kapsar. İşitme cihazı, ve koklear implant kullananlarda bu gruba girmektedir. Bu grupta erişim sorunu daha çok iletişim boyutunda yoğunlaşır. İşaret dili tercümanı, yazılı iletişim desteği ve görsel çağrı sistemlerinin bulunmaması, çocuğun ve ailenin sağlık çalışanıyla etkili iletişim kurmasını güçleştirebilir (Gréaux ve ark., 2023).
- ***Dil ve konuşma engeli:*** Dil gelişiminde gecikme, konuşma sesi bozuklukları, akıcılık bozuklukları (kekemelik) ve ses bozukluklarını kapsar. Sağlık hizmetlerinde iletişim desteğinin sınırlı olması, bu çocukların gereksinimlerini, ağrılarını ve belirtilerini ifade etmesini güçleştirmektedir (Gréaux ve ark., 2023). Bu grupta ebeveynin sağlık çalışanıyla çocuk arasındaki aracı rolü daha da belirginleşmektedir.
- ***Zihinsel engel:*** Amerikan Zihinsel ve Gelişimsel Yetersizlikler Derneği'ne (AAIDD) göre zihinsel yetersizlik, hem zihinsel işleyişte hem de kavramsal, toplumsal ve pratik uyumsal davranış becerilerinde önemli sınırlılıklarla tanımlanan ve gelişim döneminde (22 yaşından önce) başlayan bir durumdur (Schalock ve ark., 2021). Zihinsel yetersizlik OSB'den ayrı bir durumdur. Ancak iki durum aynı çocukta birlikte görülebilir (American Psychiatric Association [APA], 2022). Bu grupta sağlık bilgisinin anlaşılır biçimde sunulmaması ve muayeneye yeterli zaman ayrılmaması temel erişim sorunlarıdır (Gréaux ve ark., 2023).
- ***Ruhsal ve duygusal engel:*** Depresyon, kaygı bozuklukları ve davranım bozuklukları gibi ruh sağlığı sorunlarının çocuğun günlük işlevselliğini ve katılımını uzun süreli olarak sınırlaması durumudur. UEVS'de ayrı bir engel grubu olarak izlenmektedir (ASHB, 2023). Bu grupta damgalanma önemli bir erişim engelidir. Davranışsal, duygusal ve sosyal güçlüğü olan çocukların ebeveynleri, diğer engel türlerine göre çok daha yoğun olumsuz tepkilerle karşılaşmaktadır (Broomhead, 2018).
- **Süreğen hastalığa bağlı engellilik:** Uzun süreli tedavi ve izlem gerektiren, günlük işlevselliği sınırlayan kronik hastalıkları (örneğin epilepsi, kistik fibrozis, kronik böbrek hastalığı, konjenital kalp hastalıkları) kapsar. UEVS'ye kayıtlı bireyler arasında en büyük grubu oluşturmaktadır (ASHB, 2023). Bu çocuklar sık hastane başvurusu, düzenli ilaç kullanımı ve birden fazla uzmanlık alanında izlem gerektirdiğinden, kurumlar arası iletişim kopukluklarından ve randevu kısıtlılıklarından özellikle etkilenebilmektedir (Gréaux ve ark., 2023).
- ***Gelişimsel engellilik:*** Çocukluk döneminde başlayan ve motor, dil, bilişsel veya sosyal-duygusal gelişim alanlarından birini ya da birkaçını etkileyebilen durumları kapsayan geniş bir kavramdır (WHO & UNICEF, 2023). OSB ve zihinsel yetersizlik bu çerçevede ele alınabilen durumlar arasındadır; DEHB, öğrenme güçlükleri ve serebral palsi ise kendilerine özgü tanı ve sınıflandırma ölçütlerine sahiptir. Gelişimsel engellilik, UEVS'deki engel gruplarıyla bire bir örtüşen ayrı bir kayıt kategorisi değildir. Bazı durumların birden fazla kategoride yer alması da bundan kaynaklanır. Bu çocuklar sağlık hizmetlerinde damgalanma, ayrımcılık ve gelişimsel engellilik konusunda eğitim almış sağlık çalışanlarının yetersizliği gibi engellerle karşılaşabilmektedir (WHO & UNICEF, 2023). OSB'li çocuklarda bunlara kalabalık ve gürültülü ortamlar gibi duyusal güçlükler de eklenmektedir (Babalola ve ark., 2025).
- ***Çoklu engellilik:*** Birden fazla engelin bir arada bulunmasıdır. Örneğin serebral palsili bir çocukta zihinsel engel, epilepsi ve görme sorunları birlikte görülebilir. Bu çocukların bir bölümü uluslararası literatürde, en yoğun ve en karmaşık sağlık hizmeti gereksinimine sahip grup olan "tıbbi açıdan karmaşık çocuklar" kavramıyla ele alınmaktadır. Bu çocuklar çok sayıda uzmanlık

© 2026 ISARC Academy

alanından ve kurumdan hizmet aldığından, bakımın parçalanması ve koordinasyon eksikliği bu grupta en belirgin erişim sorunudur (Cohen ve ark., 2011).

3.2. Görünmeyen Engellilik

Görünmeyen engellilik, tek başına bir tanı veya engel türü değil, bireyin gereksinimlerinin dışarıdan hemen fark edilmemesini tanımlayan bir kavramdır. OSB, işitme kaybı, dil ve konuşma güçlükleri, DEHB, öğrenme güçlükleri, epilepsi ve bazı kronik sağlık durumlarında çocuğun gereksinimleri ilk bakışta anlaşılmayabilir (Hendry ve ark., 2022). Bu durum sağlık hizmetine erişim açısından önemli sonuçlar doğurur.

Görünmeyen engellilikte bireyin gereksinimleri dışarıdan kolayca fark edilmediği için davranışları yanlış yorumlanabilir ve aileler çocuklarının gereksinimlerini tekrar tekrar açıklamak zorunda kalabilir. Görünmeyen engelliliği olan yetişkinlerle yürütülen nitel bir araştırmada katılımcılar, gereksinimlerini sürekli açıklama ve kanıtlama zorunluluğunun sosyal geri çekilmeyle ilişkili olabildiğini bildirmiştir (Hendry ve ark., 2022). Bu çalışma yetişkinlerle yürütüldüğünden bulguları çocuklara doğrudan genellemek mümkün değildir; ancak görünmeyen gereksinimlerin toplumsal olarak tanınmamasının olası sonuçlarını göstermektedir.

Görünmeyen engelliliklerde belirtilerin yeterince tanınmaması veya ebeveyn gözlemlerinin ciddiye alınmaması, değerlendirme ve tanı sürecini uzatabilir. Böyle bir gecikme, çocuğun uygun sağlık hizmetlerine ve tanıya bağlı desteklere zamanında ulaşmasını güçleştirebilir (Gréaux ve ark., 2023). Birleşik Krallık'ta 1.047 ebeveynle yapılan çalışmada, ilk başvurudan OSB tanısına kadar ortalama yaklaşık 3,5 yıl geçtiği ve ebeveynlerin yarısından fazlasının tanı sürecinden memnun olmadığı bildirilmiştir (Crane ve ark., 2016). Latin Amerika ve Karayipler'de OSB'li çocukların bakım verenlerinin kaygıları ortalama 22. ayda başlamasına karşın tanının ortalama 3,5 yaşında konulduğu belirtilmektedir (WHO & UNICEF, 2023). Türkiye'de OSB'li çocuğu olan ebeveynlerle yapılan nitel çalışmada da tanı öncesi ve tanı süreci önemli güçlük alanları arasında yer almıştır (Canpolat ve Özokçu, 2021). Tanı gecikmesi, ailelerin ÇÖZGER ve diğer destek süreçlerine erişimini de geciktirebilir.

4. TÜRKİYE'DE ENGELLİ ÇOCUKLARA YÖNELİK YASAL DÜZENLEMELER VE HİZMETLER

Türkiye'de engelli çocukların ve ailelerinin yararlanabileceği hakların ve hizmetlerin büyük bölümü, çocuğun özel gereksiniminin resmî olarak belgelenmesine bağlıdır. 5378 sayılı Engelliler Hakkında Kanun, engelli bireylerin sağlık, eğitim, istihdam ve erişilebilirlik haklarını düzenleyen temel yasal çerçevedir (Engelliler Hakkında Kanun, 2005). 20 Şubat 2019 tarihinde yürürlüğe giren Çocuklar İçin Özel Gereksinim Değerlendirmesi Hakkında Yönetmelik (ÇÖZGER) ile 18 yaşından küçük çocuklara verilen raporlarda "engelli" ve "engel oranı" ifadeleri yerine "özel gereksinimi var" ifadesinin kullanılması benimsenmiştir (Çocuklar İçin Özel Gereksinim Değerlendirmesi Hakkında Yönetmelik, 2019). Bu değişiklik, çocuğun işlevselliğine ve gereksinimlerine odaklanan ICF yaklaşımıyla uyumlu bir adım olarak değerlendirilebilir. ÇÖZGER raporu, çocuğun özel eğitim, evde bakım yardımı ve diğer sosyal haklardan yararlanabilmesi için temel belgedir. Ancak rapor, her destek hizmetine otomatik hak kazandırmaz; hak sahipliği, ilgili hizmetin diğer koşullarına göre değerlendirilir.

Sağlık alanında aile hekimliği sistemi, çocuğun izlemi ve aşılaması için temel temas noktasıdır. Yenidoğan işitme taraması ve metabolik hastalık taraması gibi programlar, bazı engelliliklerin erken dönemde saptanmasını sağlamaktadır. Yatağa bağımlı ya da hareket kısıtlılığı olan çocuklar ise Sağlık Bakanlığı'nın evde sağlık hizmetlerinden yararlanabilmektedir. 2016-2019 dönemini kapsayan OSB Ulusal Eylem Planı, birinci basamakta "Aile Destek Birimleri" kurulmasını, OSB değerlendirmesinin aile hekimliği eğitimine eklenmesini ve çocuk psikiyatrisi ile gelişimsel pediatri kapasitesinin artırılmasını hedeflemiştir (ASHB, 2016). Ancak bu hedeflerin gerçekleşme düzeyini değerlendiren bir rapora rastlanmamıştır.

© 2026 ISARC Academy

Eğitim alanında Rehberlik ve Araştırma Merkezleri (RAM) çocuğun eğitsel değerlendirmesini yapmakta, özel eğitim ve rehabilitasyon merkezleri ise destek eğitimi sunmaktadır. Bu rapor çocuğun gereksinimlerine göre belirli bir süreyi kapsamaktadır ve süre bitiminde çocuğun gereksinimleri yeniden değerlendirmesi gerekmektedir. Ülkemizde 2022–2023 eğitim yılında 3.222 özel eğitim ve rehabilitasyon merkezinde 531.016 öğrenci eğitim almıştır (ASHB, 2023).

Sosyal ve ekonomik destekler arasında evde bakım yardımı öne çıkmaktadır. Bu yardım, bakıma muhtaç engelli bireyin bakımını evde üstlenen yakınına, hane gelirine bağlı olarak yapılan aylık bir ödemedir. Ekim 2023 itibarıyla tüm yaş gruplarında 562.267 engelli birey bu yardımdan yararlanmaktadır (ASHB, 2023). 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu ise başka birinin sürekli bakımına muhtaç engelli çocuğu bulunan sigortalı annelere, prim ödeme gün sayısına ilave ve yaş haddinden indirim yoluyla erken emeklilik hakkı tanımaktadır (Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu, 2006).

Sağlık, eğitim ve sosyal destek hizmetleri farklı kurumlar tarafından sunulmakta ve çoğu zaman ayrı başvuru, raporlama ve değerlendirme süreçleri gerektirmektedir. Bu yapı, özellikle birden fazla kurumdan hizmet alan çocuklarda hizmetler arası geçişlerin aile tarafından takip edilmesine neden olabilir. Türkiye'de engellilik politikaları ve hizmetleri gelişmiş olsa da disiplinler arası koordinasyonun uygulamada güçlendirilmesine gereksinim bulunduğu bildirilmiştir (Topaloğlu Ören ve ark., 2021).

5. ENGELLİ ÇOCUKLARIN SAĞLIK HİZMETLERİNE ERİŞİM ENGELLERİ

Engelli çocukların sağlık hizmetlerine erişimini etkileyen engeller bireysel, çevresel, toplumsal ve kurumsal düzeylerde ortaya çıkmaktadır. Uluslararası literatürde fiziksel erişilebilirlik, maliyet, sağlık çalışanlarının bilgi ve tutumları, iletişim desteği ve hizmetlerin koordinasyonu öne çıkmaktadır (Adugna ve ark., 2020; Gréaux ve ark., 2023). Türkiye'ye ilişkin yayımlanmış çalışmalar da benzer sorunlara işaret etmektedir (Topaloğlu Ören ve ark., 2021).

5.1. Fiziksel, Çevresel ve Ekonomik Engeller

Fiziksel çevrenin erişilebilir olmaması, engelli çocukların sağlık kuruluşlarına ulaşmasını ve bu kuruluşlarda hizmetlerden yararlanmasını güçleştiren engellerden biridir (Adugna ve ark., 2020). Rampaların eksikliği, döner ve ağır kapılar, uygun olmayan muayene odaları ve erişilemeyen tuvaletler, tekerlekli sandalye kullanan çocukların ve ailelerinin sık karşılaştığı sorunlardır (Topaloğlu Ören ve ark., 2021). Konya'da 258 engelli çocukla yapılan bir çalışmada, ailelerin en sık kullandığı sağlık kuruluşlarının %28,3'ü fiziksel olarak engelli bireylere uygun bulunmamıştır (Bodur ve Durduran, 2009). Topaloğlu Ören ve arkadaşlarının (2021) Türkiye'deki çalışmaları inceledikleri derlemeye göre engelli bireylerin %66,9'u kaldırım, yaya yolu ve geçitleri, %58,4'ü ise kamu binalarını kullanıma uygun bulmamaktadır. Derlemede aktarılan çalışmalarda engelli bireylerin %52'sinin sağlık hizmetine ulaşımda, %58,3'ünün hastane içinde hareket etmekte güçlük yaşadığı, sağlık tesislerinin ise yalnızca %13'ünde görme engelliler için yol gösterici iz bulunduğu bildirilmektedir.

Fiziksel çevre yalnızca hareket kısıtlılığı olan çocukları etkilememektedir. Yoğun gürültü, parlak ışıklar, kalabalık bekleme alanları ve belirsiz işlem sırası bazı çocuklarda kaygı ve davranışsal zorlanmayı artırabilir. Bu nedenle sağlık kuruluşlarında düşük uyaranlı bekleme alanları, uygun randevu planlaması ve muayene sürecinin önceden açıklanması gibi düzenlemeler, duyusal hassasiyeti olan çocukların hizmetten yararlanmasını kolaylaştırabilecek erişilebilirlik uygulamaları olarak değerlendirilmelidir (Gréaux ve ark., 2023; WHO & UNICEF, 2023).

Ev ile sağlık kuruluşu arasındaki mesafe, ulaşım maliyeti ve uzmanlaşmış hizmetlerin belirli bölgelerde yoğunlaşması, yüksek gelirli ülkelerde bile aileler için ek zaman ve maliyet yaratmaktadır. Bu yük, ekonomik kaynakları sınırlı aileler için daha belirgindir; düşük hane geliri ve sağlık güvencesi eksikliği hem hizmete ulaşmayı hem de önerilen tedaviye bağlılığı güçleştirmektedir (Gréaux ve ark., 2023).

© 2026 ISARC Academy

5.2. İletişim, Tutum ve Ayrımcılığa Bağlı Engeller

Sağlık çalışanlarının engellilik konusunda bilgi eksikliği, olumsuz tutumları ve ayrımcı uygulamaları hizmetin niteliğini ve ailelerin sağlık sistemine duyduğu güveni etkileyebilir (WHO, 2022, 2023). Bu durum; çocuğun davranışlarının yanlış yorumlanması, ebeveynin suçlanması, belirtilerin küçümsenmesi veya çocuğun uygun olmayan birime yönlendirilmesi biçiminde görülebilir. Gelişimsel yetersizliği olan çocukların damgalanma ve ayrımcı tutumlarla karşılaşabildiği de bildirilmektedir (WHO & UNICEF, 2023).

Türkiye'de engelli çocukların aileleriyle yürütülen bir çalışmada katılımcıların %21,3'ü sağlık personelinin yaklaşımını olumsuz değerlendirmiş, %31,8'i sağlık hizmetlerinden şikâyetçi olduğunu bildirmiştir (Bodur ve Durduran, 2009). Türkiye'deki çalışmaları inceleyen derleme de olumsuz tutumların ve iletişim sorunlarının hizmetten kaçınmaya kadar uzanabilen sonuçları olabileceğini belirtmektedir (Topaloğlu Ören ve ark., 2021). Bu nedenle iletişim, yalnızca bilgi aktarımı değil; çocuğun belirtilerinin ve gereksinimlerinin doğru değerlendirilmesinin de bir parçasıdır.

İletişim güçlükleri, görünmeyen engeli olan çocuklarda daha karmaşık bir hal almaktadır. Çocuğun ağrısını ifade edememesi ya da davranışlarının engelden değil "kötü davranıştan" kaynaklandığının düşünülmesi, tanı ve tedavi sürecini olumsuz etkileyebilmektedir. OSB'li çocuklarda sağlık çalışanlarının bilgi eksikliği ve iletişim güçlükleri de önemli engeller arasında yer almaktadır (Gréaux ve ark., 2023; WHO & UNICEF, 2023). İletişim gereksinimleri karşılanmadığında, sağlık kuruluşu fiziksel olarak erişilebilir olsa bile çocuk hizmetten yeterince yararlanamayabilir.

5.3. Sağlık Sisteminden Kaynaklanan Engeller

Sağlık sisteminin örgütlenme biçimi engelli çocukların hizmete erişimini belirlemektedir. Uzun randevu bekleme süreleri, farklı uzmanlık alanları arasında yönlendirme güçlükleri, kayıt ve rapor süreçlerinin tekrarlanması, hizmetler arası bilgi aktarımının sınırlı olması ve uygun personel bulunmaması ailelerin bakım sürecini uzatabilir. Özellikle birden fazla uzmanlık alanından hizmet alan çocuklarda koordinasyon eksikliği, ailelerin aynı bilgileri tekrar tekrar aktarmasına ve bakım planının bütünlüğünün bozulmasına yol açabilir (Cohen ve ark., 2011; Gréaux ve ark., 2023). Türkiye'de bu sorunların kapsamını gösteren güncel ve ulusal karşılaştırılabilir veriler sınırlıdır.

Sağlık sisteminin örgütlenme biçimi engelli çocukların hizmete erişimini belirlemektedir. Uzun bekleme süreleri, randevu güçlükleri ve karmaşık sevk süreçleri ailelerin sağlık hizmetlerinden düzenli yararlanmasını güçleştirebilir. Gür ve arkadaşlarının (2021) çalışmasında ebeveynlerin %70,7'si randevu almakta güçlük çektiğini, %69,1'i uzun bekleme süreleri nedeniyle randevu alamadığını ve %50,5'i bu güçlükler nedeniyle randevu almaktan vazgeçtiğini belirtmiştir. Benzer sorunlar yüksek gelirli ülkelerde de görülmektedir. ABD'de özel sağlık gereksinimi olan çocukların %17'sinin son bir yılda en az bir sağlık hizmeti gereksiniminin karşılanmadığı, sürekli ve koordineli birinci basamak bakımdan yararlanamayan çocuklarda bu oranın daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Miller ve ark., 2013).

Engelli çocukların birden fazla uzmanlık alanından hizmet alması, birimler arasında yeterli iletişim olmadığında tekrarlayan değerlendirmelere ve bakımın sürekliliğinin bozulmasına yol açabilir. Hizmetlerin tanı ve tedaviye odaklanması, koruyucu sağlık hizmetlerinin de geri planda kalmasına neden olabilmektedir. Uluslararası kuruluşlar bu engellerin azaltılmasında aile merkezli bakımı ve bakım koordinasyonunu temel strateji olarak önermektedir (Amerikan Pediatri Akademisi [AAP], 2014; Ulusal Pediatrik Hemşire Uygulayıcıları Derneği [NAPNAP], 2021; WHO & UNICEF, 2023).

5.4. Sağlık Okuryazarlığı ve Bilgiye Erişim Engeli

Sağlık okuryazarlığı, bireylerin sağlık bilgilerine ulaşma, bu bilgileri anlama ve sağlık kararlarında kullanma becerisidir (DeWalt ve Hink, 2009). Engelli çocukların ebeveynleri açısından bu beceri, çocuğun sağlık gereksinimlerini anlamayı, uygun sağlık hizmetine ulaşmayı, haklarını bilmeyi ve sağlık çalışanlarıyla etkili iletişim kurmayı kapsar. Bununla birlikte, sağlık hizmetlerinden yararlanma yalnızca

© 2026 ISARC Academy

ebeveynin bilgi ve becerilerine değil, sağlık kuruluşlarının anlaşılır, tutarlı ve erişilebilir bilgi sunmasına da bağlıdır (DeWalt ve Hink, 2009).

Özel sağlık gereksinimi olan çocukların ebeveynlerine ilişkin 13 çalışmayı inceleyen bir sistematik derlemede, düşük sağlık okuryazarlığının yaygınlığı %5,6 ile %49 arasında değişmiştir. Düşük sağlık okuryazarlığı, bazı çalışmalarda daha fazla hastaneye yatış, hastalık yönetiminde güçlük ve ilaç tedavisine uyumun azalmasıyla ilişkili bulunmuştur (Keim-Malpass ve ark., 2015). Türkiye'de zihinsel engelli bireylerin ebeveynleriyle yapılan bir çalışmada, ebeveynlerin %55,9'unun sağlık okuryazarlığı sınırlı, %7,4'ünün ise yetersiz düzeyde bulunmuştur. Aynı çalışmada ebeveynlerin %72,3'ü sağlık hizmetlerine yönlendiren bilgilendirici materyalleri anlamakta, %45,2'si ise sağlık profesyonellerinin tanı, test ve reçeteye ilişkin açıklamalarını anlamakta güçlük yaşadığını bildirmiştir (Gür ve ark., 2021).

Sağlık bilgilerinin karmaşık bir dille sunulması, kurumlar arasında farklı bilgiler verilmesi ve hizmetlere başvuru yollarının yeterince açıklanmaması ebeveynlerin karar vermesini zorlaştırabilir. OSB'li çocuklarda da bilgi eksikliği ve uygun hizmetlere yönlendirilmedeki güçlükler erişimin önündeki engeller arasında gösterilmiştir (Gréaux ve ark., 2023; WHO & UNICEF, 2023). Sağlık kurumlarının bilgiyi sade bir dille sunması, gerektiğinde görsel materyallerle desteklemesi ve ebeveynlerin verilen bilgiyi anlayıp anlamadığını değerlendirmesi bu nedenle önemlidir.

5.5. Koruyucu Sağlık Hizmetlerine Erişim

Engelli çocukların koruyucu sağlık hizmetlerine erişimi çoğu zaman engelliliğe yönelik tedavilerin gölgesinde kalmaktadır. On iki çalışmayı inceleyen bir kapsam derlemesi, engelli çocukların aşılanma oranlarının yüksek gelirli ülkelerde bile akranlarına göre daha düşük olabildiğini göstermiştir. Örneğin derlemede aktarılan bir çalışmaya göre İngiltere'de zihinsel engeli olan çocukların aşısız kalma olasılığı akranlarının iki katından fazladır. Derlemede sağlık kuruluşlarının hazırlıksızlığı, iğne kaygısı, engelin yanlışlıkla aşı kontrendikasyonu olarak değerlendirilmesi ve damgalanma başlıca engeller olarak belirlenmiştir. Mobil aşı birimleri, düşük uyaranlı aşı ortamları, okul temelli programlar ve ebeveynlerle açık iletişim ise önerilen stratejiler arasındadır (Musuka ve ark., 2025).

Ağız-diş sağlığı, engelli çocukların sağlık hizmetlerine erişiminde güçlüklerin sık raporlandığı alanlardan biridir. Otuz altı çalışmanın değerlendirildiği karma yöntemli bir sistematik derlemede, diş hekimlerinin engelli çocukları tedavi etmeye isteksizliği, çocukların diş hekimi korkusu, tedavi maliyetleri, ulaşım güçlükleri, uzun bekleme süreleri ve kliniklerin çocukların gereksinimlerine uygun olmaması erişimi güçleştiren etkenler arasında bildirilmiştir. Aynı derlemede, ağız-diş bakımına çocuğun diğer sağlık gereksinimlerine kıyasla daha düşük öncelik verilmesi de erişim engelleri arasında yer almıştır (Alwadi ve ark., 2024). Türkiye'de Karadağ ve Bilsin'in çalışmasında, araştırmaya katılan engelli çocukların %46,9'unda ağız lezyonları, ağız kokusu, diş çürüğü ve diş eti hastalıkları gibi sorunlar bildirilmiştir (Karadağ ve Bilsin, 2016). Bu bulgular, koruyucu ağız-diş sağlığı hizmetlerinin çocuğun diğer sağlık gereksinimleriyle birlikte planlanmasının, ailelerin bilgilendirilmesinin ve hizmetlerin çocukların iletişim ve destek gereksinimlerine göre düzenlenmesinin önemine işaret etmektedir (Alwadi ve ark., 2024).

6. ENGELLİ ÇOCUĞA SAHİP EBEVEYNLERİN KARŞILAŞTIĞI ENGELLER

Önceki bölümde ele alınan engellerin büyük bölümünü yönetmek ve yükünü taşımak çoğunlukla ebeveynin sorumluluğundadır. Ebeveynler bu süreçte zaman, gelir ve sosyal katılım kaynakları daralan ve kendi sağlık gereksinimleri ikinci plana düşen bireyler olarak etkilenmektedir. Bu bölümde ebeveynlerin karşılaştığı engeller; bakım sorumluluğu ve koordinasyon, ekonomik ve zamansal kısıtlar, fiziksel sağlık, ruh sağlığı, kendi sağlık hizmetlerine erişim ve bakım yükünün aile içindeki dağılımı boyutlarıyla ele alınmaktadır.

© 2026 ISARC Academy

6.1. Bakım Sorumluluğu ve Hizmetler Arası Koordinasyon

Engelli çocuğa bakım, çoğu ailede uzun süreli, öngörülemeyen ve yoğun emek gerektiren bir sorumluluktur. Bu sorumluluk doğrudan bakım eylemleriyle sınırlı değildir. Ebeveynler aynı zamanda randevuların düzenlenmesi, tedavi ve rehabilitasyon süreçlerinin izlenmesi, farklı uzmanlık alanlarından gelen önerilerin bir araya getirilmesi ve sağlık, eğitim ile sosyal hizmet kurumları arasında bağlantı kurulması gibi görevleri de üstlenir. Türkiye'de rehabilitasyon merkezine devam eden engelli çocuklarla yapılan bir çalışmada çocukların %77,8'inin kişisel bakım gereksinimlerinde ebeveyne bağımlı olduğu saptanmıştır (Karadağ ve Bilsin, 2016). Trabzon'da ÖERM'lere devam eden çocukların ebeveynlerinin %78,3'ü ise engelli çocuğun bakımında sorun yaşadığını bildirmiştir (Çolak, 2019).

Bu sorumluluğun daha az görünen bir boyutu da idari ve koordinatif emektir. Hizmetler arasında yapılandırılmış bir bağlantı bulunmadığında, hangi hizmetin ne zaman alınacağına ilişkin kararların çoğu zaman bakım verenlerin inisiyatifine kaldığı belirtilmektedir (Topaloğlu Ören ve ark., 2021). ABD'de 2005-2006 Ulusal Özel Gereksinimli Çocuk Araştırması'nın ikincil analizinde, tıbbi açıdan daha karmaşık özel sağlık gereksinimli çocukların bakım verenleri haftada medyan 2 saatini yalnızca bakım koordinasyonuna ayırdıklarını bildirmiştir (Kuo ve ark., 2011). Doğrudan bakımın üzerine eklenen bu emek, bakımın doğrudan ve dolaylı maliyetleriyle birleştiğinde ebeveynin ekonomik ve zamansal kaynakları üzerinde baskı oluşturabilir.

6.2. Ekonomik, Sosyal ve Zamansal Engeller

Bakım sorumluluğu ailenin ekonomik kaynaklarını iki yoldan etkiler: bakımın doğrudan ve dolaylı maliyetleri ile ebeveynin ücretli çalışmadan uzaklaşması. ABD'de tıbbi açıdan daha karmaşık gereksinimleri olan çocukların ailelerinin %54,1'inde bir aile üyesinin çocuğun sağlığı nedeniyle çalışmayı bıraktığı, %56,8'inin ekonomik sorun yaşadığı bildirilmiştir (Kuo ve ark., 2011). Türkiye'de zihinsel engelli bireylerin ebeveynlerinin %67,6'sının çalışmadığı, %43,1'inin gelirinin giderinden az olduğu ve %6,9'unun sağlık güvencesi bulunmadığı saptanmıştır. Aynı çalışmada ebeveynlerin %27,7'si sağlık hizmetlerine erişim için sağlanan maddi ve sosyal kaynaklara ulaşamadığını belirtmiştir (Gür ve ark., 2021).

Zaman yetersizliği ve sosyal izolasyon ekonomik kısıtlarla iç içe geçmektedir. Bir çalışmada ebeveynlerin %64,9'u kendine yeterli zaman ayıramadığını, %42,9'u arkadaşlarıyla ve %39,8'i akrabalarıyla daha az görüştüğünü bildirmiştir (Çolak, 2019). Sosyal destek yetersizliği bakım yükünü artırabilir; damgalayıcı toplumsal tepkiler de yalnızlık duygusunu pekiştirebilir (Broomhead, 2018). Ebeveynin kendi sağlık hizmetine erişimini doğrudan etkileyen önemli bir etken, çocuğun bakımını geçici olarak üstlenecek güvenilir bir kişinin veya hizmetin bulunmamasıdır.

Bu boşluğu doldurmak üzere geliştirilen temel destek, bakımın belirli bir süre için başka birine devredilmesini sağlayan geçici bakım hizmetidir (respite care). On beş çalışmanın sentezlendiği bir derlemede geçici bakım kullanımının ebeveyn stresinin azalmasıyla ilişkili olduğu ve yapılandırılmış geçici bakım desteğinin hiç destek almamaya kıyasla olumlu etki gösterdiği bildirilmiştir (Strunk, 2010). OSB'li çocukların ebeveynlerinin deneyimlerini inceleyen bir sistematik derleme, uygun geçici bakım hizmetlerinin ve tanımlı yönlendirme yollarının bulunmadığı durumlarda ailelerin dinlenme gereksinimleri için ya da kriz anında acil hastane hizmetlerine başvurmak zorunda kaldığını göstermiştir (Cooke ve ark., 2020). Türkiye'de Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, engelli bireylere gündüz bakım merkezleri aracılığıyla tam ya da yarı zamanlı gündüz bakımı, geçici misafir bakım hizmetiyle de yılda en fazla 30 gün süreyle ücretli geçici bakım sunmaktadır (ASHB, t.y.). Ancak geçici bakım hizmetinin ücretli olması ve süresinin sınırlı tutulması, ailelerin bu hizmetten ne ölçüde yararlanabildiği sorusunu gündeme getirmektedir. Bu hizmetlerin kullanımına ve ailelere etkisine ilişkin Türkiye'den yayımlanmış bir değerlendirmeye ulaşılamamıştır. Bakımı devredebileceği bir destek bulamayan ebeveyn için kendi sağlık kontrollerine ve tedavisine zaman ayırmak da güçleşmektedir. Bu kısıtların uzun süre devam etmesi, ebeveynin fiziksel ve ruh sağlığını doğrudan etkilemektedir.

© 2026 ISARC Academy

6.3. Ebeveynlerin Fiziksel Sağlığı

Bakımın fiziksel gereksinimleri (çocuğun taşınması ve transferine yardım, gece bakımı, yetersiz dinlenme ve uykunun bölünmesi) kas-iskelet sistemi üzerinde birikimli bir yük oluşturur. Yirmi sekiz çalışmayı inceleyen bir meta-analizde, engelli çocuğa bakım verenlerin fiziksel sağlık sonuçlarının engelli olmayan çocukların bakım verenlerinden daha olumsuz olduğu, kas-iskelet sistemiyle ilişkili sonuçlarda farkın özellikle belirgin olduğu saptanmıştır (Ku ve ark., 2026). Ebeveyn Stres İndeksi'nin sağlık alt boyutunu kullanan çalışmaları birleştiren bir başka meta-analizde de gelişimsel yetersizliği veya kronik sağlık sorunu olan çocukların ebeveynlerinin karşılaştırma grubuna göre daha fazla sağlık yakınması bildirmiştir. Bu bulgunun tanı konmuş hastalıkları değil, ebeveynlerin kendi bildirdiği sağlık yakınmalarını yansıttığı göz önünde bulundurulmalıdır (Miodrag ve ark., 2015).

Ülkemizde rehabilitasyon merkezine devam eden engelli çocukların annelerinin %13,8'i bakım güçlüğüne bağlı bel ağrısı bildirmiştir (Karadağ ve Bilsin, 2016). Bir diğer çalışmada zihinsel engelli bireylerin ebeveynlerinin %27,1'inde en az bir kronik hastalık bulunduğu saptanmıştır (Gür ve ark., 2021). Ancak bu çalışmalarda karşılaştırma grubu bulunmadığından, oranların genel nüfustan farklı olup olmadığı değerlendirilememektedir. Ebeveynlerin fiziksel sağlığı yalnızca kendi başına bir halk sağlığı sorunu değil, çocuğun bakımının sürdürülebilirliğinin de ön koşuludur. Ağrı, yorgunluk ya da kronik hastalık nedeniyle bakım veremez hâle gelen bir ebeveyn, çocuğun bakımının da kesintiye uğraması anlamına gelmektedir.

6.4. Ebeveynlerin Ruh Sağlığı ve Psikososyal Gereksinimleri

Zihinsel ve gelişimsel yetersizliği olan çocukların ebeveynlerini inceleyen bir sistematik derleme ve meta-analizde, ebeveynlerin %31'inin orta düzey depresyon için klinik eşik değerini aştığı (karşılaştırma grubunda %7), anksiyete için klinik eşiği aşanların oranının da %31 olduğu (karşılaştırma grubunda %14) saptanmıştır. Derlemede çocuğun engel şiddeti ve düşük hane geliri ebeveyn depresyonuyla ilişkili bulunmuştur (Scherer ve ark., 2019). Bu risk erken çocukluk döneminde de geçerlidir. Gelişimsel yetersizliği olan küçük çocukların annelerini inceleyen bir meta-analizde, bakım vermenin stres, depresif belirtiler ve daha kötü genel sağlıkla ilişkili olduğu bulunmuştur (Masefield ve ark., 2020). Bu ilişkinin tek yönlü olmadığına ilişkin boylamsal kanıtlar da bulunmaktadır. Üç ile dokuz yaş arası 237 çocuğun (93'ü gelişimsel gecikmeli) yılda bir izlendiği bir çalışmada, ebeveyn stresi ile çocuğun davranış sorunlarının zaman içinde karşılıklı olarak birbirini etkilediği saptanmıştır (Neece ve ark., 2012). Bu bulgu, ebeveyn stresinin yalnızca engelliliğin bir sonucu değil, çocuğun gelişimini etkileyen bir etken olarak da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Ülkemizde Karadağ ve Bilsin'in (2016) çalışmasında annelerin %27,6'sı bakım yüküne bağlı anksiyete yaşadığını bildirmiştir. Ertunç'un (2018) engelli bireylere sahip ebeveynlerle yaptığı çalışmada ebeveynlerin depresyon düzeyinin eğitim düzeyine göre farklılaştığı saptanmıştır. OSB'li çocuğu olan ebeveynlerle yapılan nitel bir çalışmada da ebeveynlerin çoğunun psikolojik olarak zor günler geçirdiği ve aile ile sosyal yaşamlarının etkilendiği belirlenmiştir.(Canpolat ve Özokçu, 2021).

Bununla birlikte bu bulguların, engelli çocuğa sahip olmanın her ebeveynde ruhsal soruna yol açtığı biçiminde genellenmesi doğru değildir. Engelli çocuğu olan ailelerle yapılan çalışmalar, pek çok ebeveynin bakım sürecinde kişisel gelişim, aile içi yakınlaşma ve yaşama ilişkin yeni bir bakış açısı gibi olumlu deneyimler de bildirdiğini göstermektedir (Hastings ve Taunt, 2002). Ebeveyn deneyimleri bireysel baş etme kaynakları, aile ilişkileri, sosyal destek, ekonomik koşullar, çocuğun gereksinimleri ve hizmetlerin niteliği gibi birçok etkene göre farklılaşmaktadır. Bu nedenle stres, kaygı, depresif belirtiler ve sosyal izolasyona ilişkin değerlendirmenin amacı aileleri etiketlemek değil, ailenin güçlü yönlerini de gözeterek gereksinim duydukları desteğe zamanında erişmelerini sağlamaktır.

© 2026 ISARC Academy

6.5. Ebeveynlerin Kendi Sağlık Hizmetlerine Erişimi ve Karşılanmayan Gereksinimleri

Ebeveynin sağlık sistemiyle sık temas etmesi, kendi sağlık gereksinimlerinin de karşılandığı anlamına gelmemektedir; başvurular çoğunlukla çocuğun gereksinimlerine odaklanır. Engelli çocuğu olan annelerde sağlık sonuçlarının ve öz bakım olanaklarının olumsuz etkilenebildiği bildirilmiştir (Bourke-Taylor ve ark., 2021). İngiltere'de birinci basamak kayıtlarını inceleyen boylamsal çalışmada, gelişimsel yetersizliği olan küçük çocukların annelerinde psikolojik sıkıntı ve tükenmişlik belirtileri daha sık kaydedilmiş; buna karşın sağlık hizmeti kullanımı belirti yüküyle orantılı artmamıştır (Masefield ve ark., 2022). Bu bulgular hizmet aramamanın nedenini tek başına açıklamasa da zaman kısıtlılığı, bakımın devredilememesi ve ebeveyn gereksinimlerinin geri planda kalması olası etkenlerdir. Bu nedenle ebeveynin koruyucu sağlık hizmetleri, kronik hastalık izlemi ve ruh sağlığı gereksinimleri aile merkezli bakım içinde ayrıca değerlendirilmelidir.

6.6. Toplumsal Cinsiyet ve Bakım Yükünün Dağılımı

Bakım yükünün aile içindeki dağılımı, toplumsal cinsiyet rolleri, çalışma koşulları ve kültürel beklentilerden etkilenmektedir. Bu alandaki çalışmaların büyük çoğunluğu annelerle yürütülmüştür ve bulgular yükün annelerde yoğunlaştığına işaret etmektedir. Çolak'ın (2019) çalışmasında aile yükü annelerin %79,9'unda, babaların ise %36,2'sinde saptanmıştır. Zihinsel yetersizliği olan çocukların babalarını inceleyen bir sistematik derleme ve meta-analizde de annelerin babalara göre daha yüksek depresyon, stres ve anksiyete düzeylerine sahip olduğu belirlenmiştir (Dunn ve ark., 2019). Ancak aynı derleme, babalara ilişkin çalışma sayısının az olduğunu ve babaların genel popülasyonla karşılaştırılması için daha fazla veriye gereksinim duyulduğunu vurgulamaktadır. Bu durum, babaların deneyimlerinin ve gereksinimlerinin literatürde görünmez kaldığını düşündürmektedir.

Türkiye'de bu eşitsiz dağılım mevzuata da yansımaktadır. 5510 sayılı Kanun'daki erken emeklilik hakkının yalnızca engelli çocuğu olan sigortalı annelere tanınması (Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu, 2006), bakımın annenin sorumluluğu olarak görülmesini yasal düzeyde de pekiştirdiği şeklinde yorumlanabilir. Bununla birlikte bakım yükünün her ailede aynı biçimde dağıldığı varsayılmamalıdır. Babalar, büyükanne ve büyükbabalar, kardeşler ve diğer yakınlar da bakım sürecinde önemli roller üstlenebilmektedir. Sağlık çalışanlarının yalnızca anneyle iletişim kurması, diğer bakım verenlerin sürece katılımını azaltabilir ve sorumluluğun tek kişide yoğunlaşmasına katkıda bulunabilir. Aile gereksinimlerinin değerlendirilmesinin varsayımlara değil, bakım sorumluluklarının gerçek dağılımına dayanması bu nedenle önemlidir.

7. HALK SAĞLIĞI HEMŞİRELİĞİNİN ROLÜ

Halk sağlığı hemşireleri, engelli çocukların ve ebeveynlerinin sağlık hizmetlerine erişimini kolaylaştırmak için birey, aile, toplum ve sağlık sistemi düzeylerinde çalışabilir. Halk Sağlığı Girişim Modeli, hemşirelik uygulamalarını bu düzeylerde ele alarak bireysel bakımın yanı sıra toplum ve sistem odaklı girişimlere de çerçeve sunmaktadır (Keller ve ark., 2004). Uluslararası Hemşireler Konseyi, hemşirelerin engelli bireylerin ve ailelerinin gereksinimlerini değerlendirmesini, toplum kaynaklarını tanımasını, savunuculuk yapmasını ve toplum temelli rehabilitasyona katkıda bulunmasını önermektedir (ICN, 2010).

Bu doğrultuda halk sağlığı hemşiresinin rolleri; bütüncül değerlendirme, erken tanı ve yönlendirme, ebeveyn eğitimi ve güçlendirme, psikososyal destek, bakım koordinasyonu, erişilebilir hizmet sunumu, toplum temelli destek ağlarının kurulması ve hak savunuculuğu kapsamında ele alınabilir.

7.1. Engelli Çocuğun ve Ailenin Bütüncül Değerlendirilmesi

Halk sağlığı hemşiresinin temel rollerinden biri, çocuğun sağlık ve gelişim gereksinimlerini aile bağlamı içinde değerlendirmek ve bakım planını aileyle birlikte oluşturmaktır. Amerikan Hemşireler Birliği, zihinsel ve gelişimsel yetersizliği olan bireylere yaşam boyu, etik ilkelere uygun ve kişi merkezli bakım

© 2026 ISARC Academy

verilmesini; bireyin bakım kararlarına katılımının desteklenmesini önermektedir (ANA, 2019). NAPNAP da özel sağlık gereksinimi olan çocuklar için aile merkezli, erişilebilir, kapsamlı, koordineli ve kültürel açıdan uygun bakımın önemini vurgulamaktadır (NAPNAP, 2021).

Bütüncül değerlendirme, çocuğun tıbbi, gelişimsel, davranışsal ve eğitsel gereksinimlerinin yanı sıra bakım verenlerin fiziksel ve ruhsal sağlığını, sağlık okuryazarlığını, ekonomik ve sosyal kaynaklarını, bakım yükünü, destek ağlarını ve karşılanmayan sağlık gereksinimlerini kapsamalıdır. Değerlendirme yalnızca anneyle sınırlandırılmamalı; babalar ve bakım sürecine katılan diğer aile üyeleri de sürece dâhil edilmelidir. Böylece çocuğun gereksinimleri ile bakım verenlerin destek ihtiyaçları aynı bakım planında görünür hâle getirilebilir.

Bütüncül değerlendirmenin önemli bir uygulama alanı ev ziyaretleridir. Ev ortamında halk sağlığı hemşiresi, sağlık kuruluşunda gözlenemeyen gereksinimleri doğrudan değerlendirebilir. Çocuğun günlük bakım düzeni, ilaç ve tedavi uyumu, beslenme ve uyku alışkanlıkları, ev güvenliği, kullanılan yardımcı araçlar ile bakım verenin taşıma ve transfer uygulamaları ev ziyareti sırasında incelenebilir. Aynı zamanda ebeveynin yorgunluk, uyku sorunları, kas-iskelet sistemi yakınmaları, depresyon ve anksiyete belirtileri, sosyal desteği ve kendi sağlık hizmetlerine erişimindeki güçlükleri de değerlendirilebilir. Ev ziyaretleri, özellikle hizmete ulaşmakta güçlük yaşayan ailelerde çocuğun ve ailenin gereksinimlerinin birlikte görülmesini sağlayan bir değerlendirme yöntemi olarak önem taşımaktadır.

Özel sağlık gereksinimi olan çocuklarda aile merkezli bakımı inceleyen sistematik derlemede hizmetlerin kullanımı, çocuk sağlığı, hizmete erişim, aile memnuniyeti ve aile işlevselliğiyle olumlu yönde ilişkili bulunmuştur (Kuhlthau ve ark., 2011). Gelişimsel yetersizliği olan ve olmayan 3–9 yaş arası çocukların izlendiği boylamsal çalışmada ise ebeveyn stresi ile çocukların davranış sorunlarının zaman içinde karşılıklı olarak birbirini etkilediği bildirilmiştir (Neece ve ark., 2012). Bu bulgular, çocuğun ve ebeveynin gereksinimlerini birbirinden bağımsız ele almak yerine aile merkezli değerlendirme ve izlem yaklaşımını benimsemenin önemini göstermektedir. Bununla birlikte, aile merkezli bakımın farklı engel gruplarında ve sağlık sistemlerinde hangi bileşenlerle daha etkili olduğuna ilişkin karşılaştırmalı araştırmalara ihtiyaç vardır.

Halk sağlığı hemşireleri, değerlendirme sonucunda aileyle birlikte bireyselleştirilmiş bir bakım ve yönlendirme planı oluşturabilir. Bu plan; çocuğun izlem, tedavi ve rehabilitasyon gereksinimlerini, ebeveynin eğitim ve destek gereksinimlerini, gerekli kurum yönlendirmelerini ve yeniden değerlendirme zamanını içermelidir. Türkiye'de Otizm Spektrum Bozukluğu Ulusal Eylem Planı'nda birinci basamakta kurulması öngörülen "Aile Destek Birimleri" (ASHB, 2016), bu yaklaşımın yapılandırılması açısından bir politika örneğidir; ancak bu birimlerin güncel uygulama kapsamı ve ülke genelindeki erişilebilirliği ayrıca doğrulanmalıdır.

7.2. Erken Tanı, Tarama ve Yönlendirme

Engelliliğin ve gelişimsel farklılıkların erken saptanması, çocuğun gereksinim duyduğu sağlık, eğitim ve sosyal destek hizmetlerine zamanında yönlendirilmesini kolaylaştırabilir. Özellikle OSB, dil ve konuşma güçlükleri ve bazı gelişimsel farklılıklarda tanı süreci uzayabilmektedir. Birleşik Krallık'ta ebeveynlerin ilk başvurusundan OSB tanısına kadar ortalama yaklaşık 3,5 yıl geçtiği bildirilmiştir (Crane ve ark., 2016). Bu nedenle halk sağlığı hemşiresinin gelişimsel izlem, standart tarama, riskli durumları fark etme ve uygun değerlendirmeye yönlendirme sorumlulukları, sağlık hizmetlerine erişimin erken aşamasında önem taşımaktadır.

Amerikan Pediatri Akademisi, tüm çocuklarda gelişimsel sürveyans yapılmasını ve 9, 18 ve 30. aylarda standart bir araçla gelişimsel tarama uygulanmasını önermektedir (Lipkin ve ark., 2020). OSB'ye özgü tarama için 18 ve 24. aylar önerilmektedir (Hyman ve ark., 2020). Türkiye'de geliştirilen Gelişimin İzlenmesi ve Desteklenmesi Rehberi, birinci basamakta hemşireler tarafından gelişimsel izlemi desteklemek üzere kullanılabilecek araçlardan biridir (Ilgi ve ark., 2008). Hemşire, tarama sonuçlarını çocuğun gelişim öyküsü ve ebeveynin gözlemleriyle birlikte değerlendirmeli; şüpheli sonuçlarda aileyi uygun sağlık ve gelişim hizmetlerine yönlendirmeli ve yönlendirmenin gerçekleşip gerçekleşmediğini

© 2026 ISARC Academy

izlemelidir. ABD'de düşük gelirli ebeveynlerin çocuklarıyla yürütülen randomize kontrollü çalışmada, standart araçla taranan çocuklarda gelişimsel gecikme, yalnızca gelişimsel sürveyans uygulanan çocuklara kıyasla yaklaşık iki kat daha sık saptanmıştır. Aynı çalışmada erken müdahaleye yönlendirme oranının arttığı, gecikmenin saptanması ile değerlendirme ve yönlendirme sürelerinin kısaldığı bildirilmiştir (Guevara ve ark., 2013). Avustralya'da anne-çocuk sağlığı hemşirelerinin eğitildiği toplum temelli bir tarama programında da hemşirelerin OSB ve gelişimsel gecikme açısından yüksek saptama oranlarına ulaştığı gösterilmiştir (Barbaro ve Dissanayake, 2010).

Vaka bulma, taramayı tamamlayan bir halk sağlığı görevidir. Hemşireler ev ziyaretleri, aile hekimliği birimleri, aşılama hizmetleri, okul sağlığı çalışmaları ve toplum temelli programlar aracılığıyla tanı almamış ancak gelişimsel gecikme belirtisi gösteren çocukları saptayabilir. Hemşirelerin bu önemli rolü sayesinde sağlık sistemiyle teması sınırlı ailelere toplum içinde ulaşılmasını önemli kılmaktadır. Erken tanı rolü yalnızca çocuğa yönelik olmamalıdır; ebeveynlerde depresyon ve anksiyete belirtilerinin yaygınlığı (Scherer ve ark., 2019), ebeveyn ruh sağlığı taramasının da rutin izlemin parçası hâline getirilmesini gerektirmektedir.

7.3. Ebeveyn Eğitimi ve Öz Yönetim Becerilerinin Geliştirilmesi

Halk sağlığı hemşiresi, engelli çocuğu olan ebeveynlerin sağlık bilgisine ulaşma, bilgiyi değerlendirme, bakım becerilerini geliştirme ve sağlık sistemi içinde yol bulma becerilerini destekleyebilir. Bu destek, uygun hizmeti bulmayı, hakları öğrenmeyi ve sağlık kararlarına katılmayı da kapsamalıdır (Sørensen ve ark., 2012). Bu nedenle eğitim, çocuğun bakımına ilişkin bilgilerin yanı sıra ÇÖZGER, RAM değerlendirmesi, rehabilitasyon hizmetleri, evde bakım yardımı ve geçici bakım gibi süreçlere ilişkin güncel ve resmî bilgilere erişimi de kapsamalıdır.

Hemşire bilgiyi sade bir dille sunabilir, görsel materyallerle destekleyebilir ve ebeveynin anladığını geri öğretme yöntemiyle değerlendirebilir. Yazılı ve dijital materyaller, ailenin diline, iletişim gereksinimlerine ve okuryazarlık düzeyine uygun olmalıdır. Sağlık okuryazarlığı düzeyi her zaman önceden bilinmediğinden, anlaşılır iletişimin tüm ailelere yönelik temel bir standart olarak benimsenmesi önerilmektedir (Brega ve ark., 2015). Hemşire ayrıca ebeveynlere muayene öncesinde soru listesi hazırlama, çevrim içi sağlık bilgilerinin güvenilirliğini değerlendirme ve sağlık çalışanlarıyla ortak karar alma konusunda rehberlik edebilir.

Engelli çocukları olan ebeveynlerde yürütülen eğitim çalışmalarını inceleyen meta-analizde, ebeveyn eğitiminin depresyon belirtilerinde küçük düzeyde azalma ve ebeveyn tutumunda orta düzeyde iyileşme ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada yüz yüze eğitimlerin etki büyüklüğü uzaktan uygulamalardan daha yüksek bulunmuştur (Jang ve ark., 2023). Nörogelişimsel yetersizliği olan çocukların ebeveynlerine yönelik programları inceleyen sistematik derleme ve meta-analizde de ebeveyn öz yeterliliğinde anlamlı artış bildirilmiştir (Hohlfeld ve ark., 2018). Diğer bir çalışmada Zihinsel engelli çocuğu olan annelere yönelik hemşirelik eğitiminin duygusal tükenmişliği azalttığı bildirilmiştir (Verep, 2005). Healthy Mothers Healthy Families programını değerlendiren ön test-son test çalışmasında, annelerin sağlığı geliştirici etkinliklere katılımının arttığı; depresyon, anksiyete ve stres belirtilerinin azaldığı bildirilmiştir (Bourke-Taylor ve ark., 2022). Ülkemizde engelli çocuğu olan 52 anneyle yürütülen randomize kontrollü çalışmada, beş oturumluk baş etme ve yaşam doyumu eğitiminin annelerin yaşam doyumunu artırdığı bildirilmiştir (Çalışkan ve ark., 2024).

Eğitim çocuğa da yönelik olmalıdır. Halk sağlığı hemşireleri, çocuğu aşı, muayene, kan alma veya diş hekimliği gibi işlemlere önceden hazırlayabilir. Düşük uyaranlı ortam, görsel anlatım, sosyal öykü ve aşamalı alıştırma gibi yöntemleri önerebilir. OSB'li çocuklarda diş tedavisine yönelik psikolojik teknikleri inceleyen sistematik derlemede, aşamalı duyarsızlaştırma programlarının çocukların büyük bölümünde muayenenin bir ya da birkaç ziyarette tamamlanmasını sağlayabildiği bildirilmiştir (AlBhaisi ve ark., 2022). Aşılamada düşük uyaranlı ortamların önerilmesi de bu yaklaşımın bir örneğidir (Musuka ve ark., 2025). Bu tür uyarlamalar, çocuğun sağlık hizmetinden yararlanmasını kolaylaştırmakla birlikte her çocuğun bireysel duyusal, iletişimsel ve davranışsal gereksinimlerine göre planlanmalıdır.

© 2026 ISARC Academy

Öz yönetim becerilerinin geliştirilmesi, ebeveynlerin çocuklarının günlük bakım gereksinimlerini planlayabilmelerini, sağlık durumundaki değişiklikleri izleyebilmelerini, ne zaman profesyonel yardım almaları gerektiğini değerlendirebilmelerini ve sağlıkla ilgili karar süreçlerine etkin biçimde katılabilmelerini kapsar. Halk sağlığı hemşiresi, ebeveynlerle birlikte bakım hedefleri belirleyerek, günlük bakım planlarının oluşturulmasını destekleyerek ve sorun çözme becerilerini güçlendirerek bu sürece katkıda bulunabilir. Ayrıca ebeveynlerin farklı sağlık hizmetleri arasında koordinasyon sağlamaları ve kendi sağlık gereksinimlerini ihmal etmeden bakım sorumluluklarını sürdürebilmeleri desteklenmelidir.

7.4. Psikososyal Destek ve Ebeveyn Sağlığının Korunması

Halk sağlığı hemşiresi, engelli çocuğu olan ebeveynlerin ruh sağlığını korumak ve güçlendirmek için danışmanlık, duygusal destek, kriz değerlendirmesi ve uygun hizmetlere yönlendirme rollerini üstlenir. Bu rol, özellikle tanı sürecinde, okul geçişlerinde, ergenlik döneminde ve erişkin sağlık hizmetlerine geçiş sürecinde önem kazanmaktadır. Hemşire; ebeveynin stres düzeyini, depresyon ve anksiyete belirtilerini, uyku ve yorgunluk durumunu, sosyal desteğini ve bakım yükünü düzenli olarak değerlendirmelidir.

Engelli çocuğu olan ebeveynlere yönelik çevrim içi psikososyal müdahaleleri inceleyen sistematik derleme ve meta-analiz, bu girişimlerin ebeveynlerin ruh sağlığı ve stres ölçümlerinde iyileşmeyle ilişkili olduğunu göstermiştir (Leo ve ark., 2025). Gelişimsel yetersizliği olan çocukların ebeveynlerine yönelik bilinçli farkındalık ve kabul-kararlılık terapisi temelli girişimleri inceleyen bir meta-analizde de ebeveyn stresinin, anksiyetesinin ve depresyonunun azaldığı bildirilmiştir (Chua ve Shorey, 2022). OSB tanılı çocukların ebeveynlerine odaklanan ve 12 randomize kontrollü çalışmayı birleştiren bir meta-analizde, bilinçli farkındalık temelli girişimlerin ebeveyn stresini anlamlı düzeyde azalttığı saptanmıştır (Peng ve ark., 2025).

Ebeveyn eğitimi ve psikososyal destek, çocuğun davranışsal gereksinimlerinin yönetiminde de etkilidir. Gelişimsel yetersizliği olan çocuklarda tele-sağlık aracılığıyla yürütülen ebeveyn eğitimlerini inceleyen sistematik derleme ve meta-analiz, girişimlerin zorlayıcı davranışları azalttığını, ebeveyn sıkıntısını düşürdüğünü ve olumlu ebeveynlik uygulamaları ile ebeveyn öz yeterliliğini artırdığını göstermiştir (Adedipe ve Walton, 2025). Bu bulgu, hizmete ulaşmakta güçlük yaşayan ebeveynler için hemşire liderliğinde uzaktan danışmanlık modellerinin önemini artırmaktadır. Ülkemizde zihinsel ve bedensel engelli çocuğu olan 28 anneyle yapılan çalışmada, bağlamsal pozitif psikoloji temelli grup danışmanlığının annelerin depresyon, anksiyete ve stres belirtilerini azalttığı, iyi oluş düzeyini artırdığı bildirilmiştir (Karduz ve Özbey, 2022). Engelli çocuğu olan ebeveynlere yönelik müdahaleleri inceleyen bir derlemede de ebeveyne yönelik girişimlerin ruh sağlığı belirtilerini azalttığı saptanmıştır (Erbiçer ve ark., 2024).

Hemşireler ayrıca ebeveynin fiziksel sağlığını da izlemelidir. Türkiye'de serebral palsili çocukların annelerinde omuz ağrısının, tipik gelişim gösteren çocukların annelerine göre daha yüksek olduğu ve çocuğun motor işlev kısıtlılığı arttıkça ağrının arttığı saptanmıştır (Topuz ve ark., 2024). Serebral palsili çocuğu olan 60 anneyle yürütülen randomize kontrollü çalışmada, tek oturumluk egzersiz ve postür eğitimi ile ardından gelen altı haftalık uzaktan izlemin, annelerin kas-iskelet sistemi ağrısını kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde azalttığı bildirilmiştir (Akşimşek ve ark., 2022). Hemşireler, ergonomi, güvenli transfer, dinlenme, uyku ve fiziksel aktivite konularında danışmanlık verebilir ve gerekli durumlarda ebeveyni sağlık hizmetlerine yönlendirebilir.

7.5. Bakım Koordinasyonu, Vaka Yönetimi ve Yönlendirme

Engelli çocuklar çoğunlukla sağlık, eğitim, sosyal hizmet ve rehabilitasyon alanlarında birden fazla kurumdan hizmet almaktadır. Hizmetler arasında yapılandırılmış bir bağlantı bulunmadığında koordinasyon yükü aileye kalmakta; bu durum ebeveynin zaman, ekonomik kaynak ve ruh sağlığı

© 2026 ISARC Academy

üzerinde ek bir yük oluşturmaktadır. AAP'nin bakım koordinasyonu çerçevesi, sağlık, eğitim, sosyal hizmetler ve toplum kuruluşları arasında ortaklık kurulmasını önermektedir (AAP, 2014). NASN ise karmaşık sağlık gereksinimi olan öğrenciler için bireyselleştirilmiş sağlık bakım planlarını ve okul hemşiresi liderliğinde bakım koordinasyonunu önermektedir (NASN, 2025).

Halk sağlığı hemşiresi vaka yöneticisi olarak; aile hekimliği birimleri, çocuk sağlığı ve hastalıkları klinikleri, çocuk psikiyatrisi, fizyoterapi, özel eğitim ve rehabilitasyon merkezleri, RAM, sosyal hizmet birimleri ve engelli dernekleri arasında bağlantı kurabilir. Ailelere ÇÖZGER değerlendirmesi, evde bakım yardımı, geçici bakım ve diğer haklara başvuru süreçlerinde rehberlik edebilir. Topaloğlu Ören ve arkadaşları (2021) da hemşire, fizyoterapist, diyetisyen ve hekimin birlikte çalıştığı disiplinler arası ekip yaklaşımının hizmete erişimi artırdığını vurgulamaktadır.

Bakım koordinasyonunun sağlık hizmeti kullanımı üzerindeki etkisi, özellikle karmaşık bakım gereksinimi olan çocuklarda incelenmiştir. Avustralya'da karmaşık bakım gereksinimi olan çocuklara 24 saat erişilebilir bakım koordinasyonu sunulduğu öncesi-sonrası çalışmada, acil servis başvurularının %15, hastaneye yatışların %9 ve hastanede kalınan gün sayısının %43 azaldığı bildirilmiştir (Peter ve ark., 2011). Özel sağlık ve bakım gereksinimi olan çocuklara yönelik bütünleşik bakım modellerini inceleyen 14 randomize kontrollü çalışmanın sistematik derlemesinde, en tutarlı yararın aileye belirli bir bakım koordinatörünün atandığı modellerde görüldüğü bildirilmiştir (Ghotane ve ark., 2024). Tıbbi açıdan karmaşık gereksinimi olan 912 çocuğu kapsayan derlemede de kapsamlı bakım programlarının aile memnuniyetini biraz artırabileceği, ancak yaşam kalitesi, acil servis başvurusu ve hastaneye yatış üzerinde belirgin fark yaratmadığı saptanmıştır (Harvey ve ark., 2024).

Bu bulgular, bakım koordinasyonunun tek başına yeterli olmadığını; hemşirenin aileyle sürekli ilişki kurması, bakım planını güncellemesi, yönlendirmeleri izlemesi ve ebeveynin kendi sağlık gereksinimlerini de gözetmesi gerektiğini göstermektedir. Gelişimsel yetersizliği olan çocukların annelerinde psikolojik sıkıntı belirtilerinin artmasına karşın yardım arama olasılığının düşük kalabilmesi (Masefield ve ark., 2022), hemşirenin ebeveyni ruh sağlığı hizmetlerine, kronik hastalık kontrollerine ve geçici bakım hizmetlerine yönlendirmesini gerekli kılmaktadır. Healthy Mothers Healthy Families programının çevrim içi uygulandığı kontrollü karşılaştırma çalışmasında, annelerin sağlık hizmeti için yardım arama davranışında anlamlı artış saptanmıştır (Bourke-Taylor ve ark., 2022).

7.6. Erişilebilir ve Sürekli Bakımın Sağlanması

Halk sağlığı hemşiresi, engelli çocukların ve ailelerinin sağlık hizmetlerine fiilen ulaşabilmesini ve bakımın kesintisiz sürdürülmesini kolaylaştıran uygulamaları planlamak ve yürütmekle sorumludur. Bu rol; ev ziyaretleri, mobil sağlık hizmetleri, uzaktan izlem, esnek randevu düzenlemeleri, okul ve toplum temelli hizmetler ile düşük uyaranlı sağlık ortamlarının oluşturulmasını kapsar. Amaç, ailenin sağlık hizmetine ulaşmasını yalnızca bilgi düzeyinde desteklemek değil; hizmetin çocuğun ve ailenin gereksinimlerine uygun biçimde sunulmasını sağlamaktır.

Ev ziyaretleri, 7.1'de ele alınan bütüncül değerlendirmenin ötesinde, aileye doğrudan bakım ve destek sunmanın önemli bir yoludur. Ev ziyaretleri aracılığıyla hemşire; çocuğun izlem ve rehabilitasyon gereksinimlerini izleyebilir, ebeveynlere bakım ve egzersiz eğitimi verebilir, tedavi uyumunu destekleyebilir, yönlendirme sonrası hizmete ulaşılıp ulaşmadığını takip edebilir ve gerektiğinde acil durum planı oluşturabilir. Bu yaklaşım, özellikle ulaşım güçlüğü yaşayan, çocuğunu yalnız bırakamayan veya sağlık kuruluşuna düzenli başvuruda güçlük yaşayan aileler için sağlık hizmetlerine erişimi kolaylaştırabilir.

Dezavantajlı annelerde yürütülen hemşire ev ziyareti programlarını inceleyen sistematik derleme, en az 12 ay süren hemşire liderliğindeki ev ziyareti programlarının çocuk ve anne sonuçlarının en az birinde olumlu etki gösterdiğini bildirmiştir (Molloy ve ark., 2020). Avustralya'da 208 risk altındaki anneyle yürütülen randomize kontrollü çalışmada, gebelikten başlayıp doğum sonrasına uzanan yapılandırılmış hemşire ev ziyareti programının annelerin duygusal ve sözel duyarlılığını artırdığı, emzirme süresini uzattığı ve psikososyal sıkıntısı olan annelerde ek yarar sağladığı bildirilmiştir (Kemp ve ark., 2011). Bu kanıtlar doğrudan engelli çocuk popülasyonuyla sınırlı olmamakla birlikte, ev ziyaretlerinin

değerlendirme, eğitim, psikososyal destek ve yönlendirme rollerini bir arada yürütmede etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Kronik hastalığı ya da fiziksel engeli olan ve tekrarlayan hastane yatışları bulunan çocukların aileleriyle yürütülen randomize kontrollü bir çalışmada, yatış öncesinde başlayan ve taburculuk sonrasında sürdürülen toplum temelli hemşirelik girişiminin ebeveynlerin baş etme becerisini ve aile işlevselliğini olumlu etkilediği, çocuklarda hastaneye bağlı gelişimsel gerilemenin önlendiği bildirilmiştir (Burke ve ark., 1997). Bu bulgu, ev ziyaretlerinin yalnızca aileye ulaşma yöntemi değil; hastane kullanımının azaltılması ve bakımın sürekliliğinin sağlanması açısından da önemli bir hemşirelik girişimi olduğunu göstermektedir.

Türkiye'de aile hekimliği ve evde sağlık hizmetleri, bu rolün uygulanması için mevcut bir altyapı sunmaktadır. Ancak bu hizmetlerin yalnızca çocuğun tıbbi bakımını değil; ebeveynin sağlığını, ailenin eğitim gereksinimlerini, sosyal destek gereksinimlerini ve sağlık hizmetlerine erişim engellerini de kapsayacak biçimde yapılandırılması gerekmektedir. Ayrıca ev ziyaretlerinin planlı, düzenli ve ailenin gereksinimlerine göre güncellenen bir izlem modeli içinde yürütülmesi, tek seferlik ziyaretlerden daha etkili olma potansiyeline sahiptir.

7.7. Toplum Temelli Destek Ağlarının Güçlendirilmesi

Engelli çocuğu olan ebeveynlerde sosyal izolasyon yaygın bir sorundur. Ebeveynlerin kendilerine yeterli zaman ayıramaması, sosyal çevreyle ilişkilerinin azalması ve toplumsal tutumlardan kaynaklanan dışlanma, ailenin destek ağlarının zayıflamasına yol açabilmektedir (Çolak, 2019; Broomhead, 2018). Halk sağlığı hemşiresi, bu sorunun çözümünde yalnızca bireysel danışmanlık vermekle yetinmemeli; ebeveyn destek gruplarının kurulması, engelli dernekleri ve aile dernekleriyle iş birliği yapılması, yerel yönetimlerin destek hizmetlerine bağlantı kurulması gibi toplum örgütleme faaliyetlerinde öncü rol üstlenmelidir.

Akran desteği, ebeveynlerin benzer deneyimleri paylaşmasını, pratik bilgi edinmesini ve yalnızlık duygusunu azaltmasını sağlayabilir. Kronik ve yeti yitimine yol açan hastalığı olan çocukların ebeveynlerine yönelik akran desteğini inceleyen sistematik derlemede, ebeveynlerin akran desteğini değerli bulduğu; ancak nicel çalışmalarda ruh sağlığı sonuçları üzerindeki etkinin tutarlı olmadığı bildirilmiştir (Shilling ve ark., 2013). Buna karşın, otizm ya da diğer nörogelişimsel yetersizliği olan çocukların 243 annesiyle yürütülen randomize kontrollü çalışmada, eğitilmiş akran mentorların yürüttüğü iki farklı programda da annelerin stres, depresyon ve anksiyete belirtilerinde azalma; uyku ve yaşam doyumunda iyileşme saptanmıştır (Dykens ve ark., 2014).

Toplum temelli yaklaşımlar, özellikle uzman hizmetlerine erişimin sınırlı olduğu bölgelerde önemli bir halk sağlığı stratejisidir. Düşük ve orta gelirli ülkelerde toplum temelli rehabilitasyonu değerlendiren sistematik derleme ve meta-analiz, bu yaklaşımın engelli bireylerin ve bakım verenlerin işlevselliğini ve yaşam kalitesini iyileştirebileceğini göstermiştir (Iemmi ve ark., 2016). Hindistan ve Pakistan'da OSB'li 65 çocukla yürütülen randomize kontrollü çalışmada, sağlık çalışanlarının ebeveynler aracılığıyla uyguladığı iletişim programının ebeveyn-çocuk etkileşimini ve çocuğun iletişim başlatma davranışını olağan bakıma göre anlamlı düzeyde iyileştirdiği bildirilmiştir (Rahman ve ark., 2016).

7.8. Savunuculuk ve Politika Geliştirme

Savunuculuk, halk sağlığı hemşireliğinin birey, kurum ve toplum düzeyinde yürüttüğü temel rollerden biridir. ICN, ulusal hemşirelik birliklerinin engelli bireylerin bakımına ilişkin kamu politikalarında savunuculuk yapmasını öngörmekte ve hemşirelerin eşitlik ile sosyal adalet için savunuculuk sorumluluğunu vurgulamaktadır (ICN, 2010, 2021). DSÖ, engelli bireyler için sağlıkta hakkaniyetin sağlanması amacıyla hükümetlere 40 eylem önermektedir (WHO, 2022). UNICEF de ruh sağlığı ve psikososyal destek hizmetlerinin toplum temelli hizmetlere entegre edilerek engelli çocuklara ve ailelerine erişilebilir kılınmasını önermektedir (UNICEF, 2021).

© 2026 ISARC Academy

Birey düzeyinde halk sağlığı hemşiresi, ailelerin haklarını öğrenmesine, ÇÖZGER ve RAM süreçlerinde haklarını kullanmasına, evde bakım yardımı ve geçici bakım gibi desteklerden yararlanmasına destek olabilir. Kurum düzeyinde fiziksel erişilebilirlik, düşük uyaranlı bekleme alanları, esnek randevu düzenlemeleri, işaret dili desteği ve sağlık çalışanlarının engelli çocuklara yönelik eğitimi için çalışabilir. Toplum düzeyinde ise görünmeyen engellilik, damgalanma ve ayrımcılık konusunda farkındalık oluşturucu eğitimler ve sosyal çalışmalar yürütebilir. Gelişimsel engelli çocukların sağlık hizmetlerinde damgalanma ve ayrımcılıkla karşılaşabilmesi (WHO & UNICEF, 2023), bu çalışmaların yalnızca hizmet kalitesini değil, sağlık eşitliğini de doğrudan ilgilendirdiğini göstermektedir.

Politika düzeyinde hemşireler; engel türü, gelir düzeyi, bakım verenin cinsiyeti ve yerleşim yerine göre hizmet kapsamının izlenmesi, geçici bakım hizmetlerinin genişletilmesi, bakım veren sağlığına yönelik programların geliştirilmesi ve engelli çocuklara ilişkin güncel veri sistemlerinin kurulması için savunuculuk yapabilir. Türkiye'de zihinsel engelli bireylerin ebeveynlerinde sağlık okuryazarlığı düzeyi ile sağlık hizmetine erişim arasında anlamlı ilişki saptanması (Gür ve ark., 2021), politika yapıcıların bu konudaki farkındalığını artırma gereksinimini desteklemektedir. Ayrıca Türkiye'de engelli bireylerin sağlık hizmetine erişimine ilişkin güncel ve karşılaştırılabilir verilerin sınırlı olması (Topaloğlu Ören ve ark., 2021), düzenli veri toplamaya yönelik savunuculuğu önemli kılmaktadır.

8. TARTIŞMA

Bu derleme, engelli çocukların sağlık hizmetlerine erişimindeki engellerin yalnızca çocuğun özelliklerinden kaynaklanmadığını; fiziksel çevre, ekonomik koşullar, iletişim, toplumsal tutumlar ve hizmet örgütlenmesinin birlikte etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Ebeveynler hizmete erişim sürecinin temel yürütücüsü oldukları için bu engellerin zaman, gelir, sosyal katılım ve kendi sağlık hizmetlerini kullanma üzerindeki sonuçlarını da yaşamaktadır. Bu nedenle aile merkezli yaklaşım, çocuğun ve ebeveynin gereksinimlerini birbirine indirgemeden birlikte ele almalıdır.

Gelişimsel izlemin ve standart tarama araçlarının erken tanı ve yönlendirmeyi destekleyebileceğine ilişkin kanıtlar bulunmaktadır (Guevara ve ark., 2013; Lipkin ve ark., 2020). Bununla birlikte tarama tek başına yeterli değildir; sonuçların aileyle paylaşılması, ileri değerlendirmeye yönlendirme ve hizmete gerçekten ulaşılıp ulaşılmadığının izlenmesi gerekir. Görünmeyen engelliliklerde ebeveyn gözlemlerinin dikkate alınması ve değerlendirme sürecinin gecikmeden yürütülmesi özellikle önemlidir.

Ebeveyn eğitimi ve psikososyal girişimlere ilişkin derlemeler, öz yeterlilik ve ruh sağlığı göstergelerinde iyileşme olabileceğini düşündürmektedir (Hohlfeld ve ark., 2018; Chua ve Shorey, 2022; Dykens ve ark., 2014). Ancak bu sonuçlar, söz konusu girişimlerin ebeveynlerin sağlık hizmetlerine erişimini doğrudan artırdığını tek başına kanıtlamaz. Gelecek araştırmalarda ebeveynin kendi sağlık hizmetlerini kullanması, karşılanmayan gereksinimleri ve bakım yükü gibi sonuçların ayrıca ölçülmesi gerekir.

Bakım koordinasyonu, özellikle birden fazla kurum ve uzmanlık alanından hizmet alan çocuklarda sürekliliği destekleyebilir. Bununla birlikte kapsamlı bakım programlarına ilişkin çalışmaların sonuçları tutarlı değildir; bazı programlar aile memnuniyetinde iyileşme bildirirken acil başvuru, hastaneye yatış veya yaşam kalitesi üzerindeki etkiler sınırlı kalabilmektedir (Harvey ve ark., 2024). Bu nedenle koordinasyon modelleri, yalnızca hizmet kullanımını azaltma hedefiyle değil, ailelerin deneyimi, yönlendirmelerin tamamlanması ve ebeveyn gereksinimlerinin karşılanması gibi sonuçlarla da değerlendirilmelidir.

Ev ziyaretleri ve toplum temelli hizmetler, sağlık kuruluşuna ulaşmakta güçlük yaşayan ailelerle temas kurmak için uygun bir yol sunabilir. Hemşire liderliğindeki ev ziyareti programlarına ilişkin kanıtlar olumlu anne ve çocuk sonuçlarına işaret etmekle birlikte, bu çalışmaların önemli bir bölümü engelli çocuklara özgü değildir (Kemp ve ark., 2011; Molloy ve ark., 2020). Bu nedenle engelli çocukların ve ebeveynlerinin sağlık hizmetine erişimini doğrudan ölçen, hemşire liderliğindeki müdahale çalışmalarına gereksinim vardır.

Türkiye bağlamında temel boşluklardan biri, engelli çocukların ve ebeveynlerinin karşılanmayan sağlık gereksinimlerini ulusal düzeyde ve düzenli biçimde izleyen karşılaştırılabilir verilerin sınırlılığıdır.

© 2026 ISARC Academy

Mevcut araştırmaların bir bölümü tek merkezli veya tanımlayıcıdır; bu durum engellerin yaygınlığını ve müdahalelerin etkililiğini değerlendirmeyi güçleştirmektedir. Ayrıca araştırmalarda annelerin daha sık yer alması, babaların ve diğer bakım verenlerin deneyimlerinin yeterince temsil edilmemesine neden olabilir. Bu sınırlılıklar, derlemenin dayandığı literatürün de yorumlanmasında dikkate alınmalıdır.

9. SONUÇ

Engelli çocukların sağlık hizmetlerine erişimi; çocuğun gereksinimlerinin yanı sıra aile kaynakları, ebeveyn sağlığı, toplumsal tutumlar ve sağlık sisteminin örgütlenmesi tarafından şekillenir. Ebeveynler hem çocuğun hizmete erişimini sağlayan bakım verenler hem de kendi sağlık gereksinimleri karşılanmayabilen bireylerdir. Bu nedenle çocuk ve ebeveynin gereksinimleri bağlantılı fakat ayrı boyutları olan bir aile sağlığı yaklaşımıyla değerlendirilmelidir.

Halk sağlığı hemşireleri; bütüncül değerlendirme, gelişimsel izlem ve yönlendirme, sağlık okuryazarlığı desteği, bakım koordinasyonu, ebeveyn sağlığının taranması, toplum temelli desteklere bağlantı kurma ve hak savunuculuğu yoluyla bu sürece katkı sağlayabilir. Birinci basamakta bakım veren sağlığının düzenli değerlendirilmesi, erişilebilir hizmet düzenlemeleri ve geçici bakım olanaklarının güçlendirilmesi öncelikli uygulama alanlarıdır. Türkiye'de bu yaklaşımların erişim ve sağlık sonuçları üzerindeki etkisini değerlendiren uygulama araştırmalarına gereksinim vardır.

KAYNAKLAR

Adam Karduz, F. F., & Özbey, A. (2022). Effectiveness of the group psychological counseling program applied to mothers of moderate-severe mentally and physically handicapped children. *E-Uluslararası Eğitim Araştırmaları Dergisi, 13*(6), 65–85. https://doi.org/10.19160/e-ijer.1185879

Adedipe, D. T., & Walton, K. M. (2025). Telehealth parent training for challenging behavior in children with developmental disabilities: A systematic review and meta-analysis. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*. Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s40489-025-00501-5

Adugna, M. B., Nabbouh, F., Shehata, S., & Ghahari, S. (2020). Barriers and facilitators to healthcare access for children with disabilities in low and middle income sub-Saharan African countries: A scoping review. *BMC Health Services Research, 20*, 15. https://doi.org/10.1186/s12913-019-4822-6

Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2016). *Otizm spektrum bozukluğu olan bireylere yönelik ulusal eylem planı (2016–2019)*. https://www.aile.gov.tr/media/134622/1-otizm_ulusal_eylem_plani.pdf

Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2023). *Engelli ve yaşlı bireylere ilişkin istatistik bülteni (Ekim 2023)*. https://www.aile.gov.tr/media/151724/eyhgm_istatistik_bulteni_ekim_23.pdf

Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (t.y.). *Engelli bireylere sunulan bakım hizmetleri nelerdir?* https://aile.gov.tr/sss/engelli-ve-yasli-hizmetleri-genel-mudurlugu/engelli-bakim-hizmeti/q-0002/

Akşimşek, G. P., Tahran, Ö., Okudan, B., Azim Rezaei, D., & Yeldan, İ. (2022). Serebral palsi'li çocuğa sahip annelere verilen egzersiz ve postür eğitiminin annelerin kas iskelet sistemi ağrısı üzerine etkisi. *Türk Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi, 33*(1), 69–77. https://doi.org/10.21653/tjpr.940992

AlBhaisi, I. N., Thomas Santha Kumar, M. S., Engapuram, A., Shafiei, Z., Zakaria, A. S. I., Mohd-Said, S., & McGrath, C. (2022). Effectiveness of psychological techniques in dental management for children with autism spectrum disorder: A systematic literature review. *BMC Oral Health, 22*, 162. https://doi.org/10.1186/s12903-022-02200-7

Alwadi, M. A., AlJameel, A. H., Baker, S. R., & Owens, J. (2024). Access to oral health care services for children with disabilities: A mixed methods systematic review. *BMC Oral Health, 24*, 1002. https://doi.org/10.1186/s12903-024-04767-9

© 2026 ISARC Academy

American Academy of Pediatrics, Council on Children with Disabilities and Medical Home Implementation Project Advisory Committee. (2014). Patient- and family-centered care coordination: A framework for integrating care for children and youth across multiple systems. *Pediatrics, 133*(5), e1451–e1460. https://doi.org/10.1542/peds.2014-0318

American Nurses Association. (2019). *Nurse's role in providing ethically and developmentally appropriate care to people with intellectual and developmental disabilities. https://www.nursingworld.org/globalassets/practiceandpolicy/nursing-excellence/ana-position-statements/social-causes-and-health-care/nurses-role-in-providing-ethically-and-developmentally-appropriate-care-to-people-with-intellectual-and-developmental-disabilities.pdf*

American Psychiatric Association. (2022). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed., text rev.). https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425787

Babalola, T., Sanguedolce, G., Dipper, L. *et al.* Barriers and Facilitators of Healthcare Access for Autistic Children in the UK: a Systematic Review. *Rev J Autism Dev Disord* **12**, 780–808 (2025). https://doi.org/10.1007/s40489-023-00420-3

Barbaro J, Dissanayake C. Prospective identification of autism spectrum disorders in infancy and toddlerhood using developmental surveillance: the social attention and communication study. J Dev Behav Pediatr. 2010 Jun;31(5):376-85. doi: 10.1097/DBP.0b013e3181df7f3c

Bodur, S., & Durduran, Y. (2009). Konya'da engelli çocukların sağlık hizmetlerinden yararlanma ve beklenti durumu. *Genel Tıp Dergisi, 19*(4), 169–175

Bourke-Taylor, H. M., ve ark. (2021). Mental health and health behaviour changes for mothers of children with a disability: Effectiveness of a health and wellbeing workshop. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. https://doi.org/10.1007/s10803-021-04956-3

Bourke-Taylor, H. M., ve ark. (2022). Health, wellbeing and empowerment e-workshops for mothers of children with disabilities: A non-randomised comparison study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*

Brega, A. G., Barnard, J., Mabachi, N. M., Weiss, B. D., DeWalt, D. A., Brach, C., Cifuentes, M., Albright, K., & West, D. R. (2015). *AHRQ health literacy universal precautions toolkit* (2nd ed.). Agency for Healthcare Research and Quality.

Broomhead, K. E. (2018). The influence of the nature of children's disabilities on societal reactions experienced by their parents. *Journal of Research in Special Educational Needs, 19*(2), 126–134. https://doi.org/10.1111/1471-3802.12435

Burke, S. O., Handley-Derry, M. H., Costello, E. A., Kauffmann, E., & Dillon, M. C. (1997). Stress-point intervention for parents of repeatedly hospitalized children with chronic conditions. *Research in Nursing & Health, 20*(6), 475–485.

Canpolat, M., & Özokçu, O. (2021). Otizm spektrum bozukluğu olan çocuğum var: Bir olgubilim çalışması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 1*(60), 73–95.

Chua, J.Y.X., Shorey, S. The Effect of Mindfulness-Based and Acceptance Commitment Therapy-Based Interventions to Improve the Mental Well-Being Among Parents of Children with Developmental Disabilities: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Autism Dev Disord* **52**, 2770–2783 (2022). https://doi.org/10.1007/s10803-021-04893-1

Cohen, E., Kuo, D. Z., Agrawal, R., Berry, J. G., Bhagat, S. K. M., Simon, T. D., & Srivastava, R. (2011). Children with medical complexity: An emerging population for clinical and research initiatives. *Pediatrics, 127*(3), 529–538. https://doi.org/10.1542/peds.2010-0910

Cooke, E., Smith, V., & Brenner, M. (2020). Parents' experiences of accessing respite care for children with autism spectrum disorder (ASD) at the acute and primary care interface: A systematic review. *BMC Pediatrics, 20*, 244. https://doi.org/10.1186/s12887-020-02045-5

© 2026 ISARC Academy

Crane, L., Chester, J. W., Goddard, L., Henry, L. A., & Hill, E. L. (2016). Experiences of autism diagnosis: A survey of over 1000 parents in the United Kingdom. *Autism, 20*(2), 153–162. https://doi.org/10.1177/1362361315573636

Çalışkan, Z., Özyurt, G., Evgin, D., Kaplan, B., & Caner, N. (2024). The effect of a training program on family stress and life satisfaction: A randomized controlled study of mothers of children with disabilities. *Archives of Psychiatric Nursing, 49*, 106–112.

Çocuklar İçin Özel Gereksinim Değerlendirmesi Hakkında Yönetmelik. (2019, 20 Şubat). *Resmî Gazete* (Sayı: 30692).

Çolak, B. (2019). *Engelli çocuğa sahip ebeveynlerin aile yükü ve yaşam kalitesinin değerlendirilmesi* [Yüksek lisans tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi

Department for Education. (2025). *Special educational needs in England: Academic year 2024/25*. https://explore-education-statistics.service.gov.uk/find-statistics/special-educational-needs-in-england

Department for Work and Pensions. (2025). *Family Resources Survey: Financial year 2023 to 2024*. https://www.gov.uk/government/statistics/family-resources-survey-financial-year-2023-to-2024

DeWalt, D. A., & Hink, A. (2009). Health literacy and child health outcomes: A systematic review of the literature. *Pediatrics, 124*(Suppl. 3), S265–S274. https://doi.org/10.1542/peds.2009-1162B

Dunn, K., Kinnear, D., Jahoda, A., & McConnachie, A. (2019). Mental health and well-being of fathers of children with intellectual disabilities: Systematic review and meta-analysis. *BJPsych Open, 5*(6). https://doi.org/10.1192/bjo.2019.75

Dykens, E. M., Fisher, M. H., Taylor, J. L., Lambert, W., & Miodrag, N. (2014). Reducing distress in mothers of children with autism and other disabilities: A randomized trial. *Pediatrics, 134*(2), e454–e463. https://doi.org/10.1542/peds.2013-3164

Engelliler Hakkında Kanun. (2005). *Resmî Gazete* (Sayı: 25868). Kanun No. 5378. Tarih: 7/7/2005

Erbiçer, E. S., Koç, M., Haskan Avcı, Ö., Ağırkan, M., Şen, S., Akın, E., Metin, A., & Erbiçer, S. (2024). The efficacy of interventions designed for parents of children with developmental disabilities in Türkiye: A systematic review and meta-analysis. *Children and Youth Services Review, 163*, 107786. https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2024.107786

Ilgi O. Ertem, Derya G. Dogan, Canan G. Gok, Sevim U. Kizilates, Ayliz Caliskan, Gulsum Atay, Nilgun Vatandas, Tugba Karaaslan, Sevgi G. Baskan, Domenic V. Cicchetti; A Guide for Monitoring Child Development in Low- and Middle-Income Countries. *Pediatrics*March 2008; 121 (3): e581–e589. 10.1542/peds.2007-1771

Ertunç, C. (2018). *Engelli bireylere sahip ebeveynlerin depresyon düzeylerinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi]. İstanbul Gelişim Üniversitesi.

Ghotane, S., Hirve, R., Forman, J., Tan, D., Achercouk, Z., & Wolfe, I. (2024). Integrated care for children and young people with special health and care needs: A systematic review. *Archives of Disease in Childhood, 109*(11), 924–931. https://doi.org/10.1136/archdischild-2024-326905 [sayfa aralığı: kontrol edin]

Gréaux, M., Moro, M. F., Kamenov, K., Russell, A. M., Barrett, D., & Cieza, A. (2023). Health equity for persons with disabilities: A global scoping review on barriers and interventions in healthcare services. *International Journal for Equity in Health, 22*, 236. https://doi.org/10.1186/s12939-023-02035-w

James P. Guevara, Marsha Gerdes, Russell Localio, Yuanshung V. Huang, Jennifer Pinto-Martin, Cynthia S. Minkovitz, Diane Hsu, Lara Kyriakou, Sofia Baglivo, Jane Kavanagh, Susmita Pati; Effectiveness of Developmental Screening in an Urban Setting. *Pediatrics*January 2013; 131 (1): 30–37. 10.1542/peds.2012-0765

© 2026 ISARC Academy

Gür, K., Daniş, R., Derinsu, A. C., Turan, A., Aksoy, Z., & Tuncel, A. (2021). Access to health services by the parents of individuals with intellectual disability, according to their health literacy levels. *Clinical and Experimental Health Sciences, 11*, 754–761. https://doi.org/10.33808/clinexphealthsci.881581

Harvey, A. R., Meehan, E., Merrick, N., D'Aprano, A. L., Cox, G. R., Williams, K., Gibb, S. M., Mountford, N. J., Connell, T. G., & Cohen, E. (2024). Comprehensive care programmes for children with medical complexity. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (5), Article CD013329. https://doi.org/10.1002/14651858.CD013329.pub2

Hastings, R. P., & Taunt, H. M. (2002). Positive perceptions in families of children with developmental disabilities. *American Journal on Mental Retardation, 107*(2), 116–127.

Hendry, G., Wilson, C., Orr, M., & Scullion, R. (2022). "I just stay in the house so I don't need to explain": A qualitative investigation of persons with invisible disabilities. *Disabilities, 2*(1), 145–163. https://doi.org/10.3390/disabilities2010012

Hohlfeld, A. S. J., Harty, M., & Engel, M. E. (2018). Parents of children with disabilities: A systematic review of parenting interventions and self-efficacy. *African Journal of Disability, 7*, 437. https://doi.org/10.4102/ajod.v7i0.437

Hyman, S. L., Levy, S. E., Myers, S. M., & Council on Children with Disabilities, Section on Developmental and Behavioral Pediatrics. (2020). Identification, evaluation, and management of children with autism spectrum disorder. *Pediatrics, 145*(1), e20193447. https://doi.org/10.1542/peds.2019-3447

Iemmi, V., Blanchet, K., Gibson, L. J., Kumar, K. S., Rath, S., Hartley, S., Murthy, G. V. S., Patel, V., Weber, J., & Kuper, H. (2016). Community-based rehabilitation for people with physical and mental disabilities in low- and middle-income countries: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Development Effectiveness, 8*(3), 368–387. https://doi.org/10.1080/19439342.2016.1157623

International Council of Nurses. (2010). *Prevention of disability and the care of people with disabilities* [Position statement]. https://assets.pc.gov.au/inquiries/completed/disability-support/submissions/sub0335-attachment1_1.pdf

International Council of Nurses. (2021). *The ICN code of ethics for nurses* (Rev. ed.).

Karadağ, G., & Bilsin, E. (2016). Demographic characteristics and health problems related to disability of children with a disability and their families. *The Journal of Pediatric Research, 3*(1), 41–49.

Karataş, M., Şimşek, N., & Ak, M. (2013). Türkiye'de bir engelli diş tedavi merkezine başvuran hastaların demografik özellikleri ve karşılaşılan etik sorunlar. *Turgut Özal Tıp Merkezi Dergisi, 20*(1), 24–29.

Keim-Malpass, J., Letzkus, L. C., & Kennedy, C. (2015). Parent/caregiver health literacy among children with special health care needs: A systematic review of the literature. *BMC Pediatrics, 15*, 92. https://doi.org/10.1186/s12887-015-0412-x

Keller, L. O., Strohschein, S., Lia-Hoagberg, B., & Schaffer, M. A. (2004). Population-based public health interventions: Practice-based and evidence-supported. Part I. *Public Health Nursing, 21*(5), 453–468. https://doi.org/10.1111/j.0737-1209.2004.21509.x

Kemp, L., Harris, E., McMahon, C., Matthey, S., Vimpani, G., Anderson, T., Schmied, V., Aslam, H., & Zapart, S. (2011). Child and family outcomes of a long-term nurse home visitation programme: A randomised controlled trial. *Archives of Disease in Childhood, 96*(6), 533–540. https://doi.org/10.1136/adc.2010.196279

Ku B, Moon H, Lee H, Kim B, Lee S. Differences in physical health between caregivers of children with and without disabilities: A systematic review and meta analysis. Disabil Health J. 2026 Apr;19(2):101977. https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2025.101977.

© 2026 ISARC Academy

Kuhlthau, K. A., Bloom, S., Van Cleave, J., Knapp, A. A., Romm, D., Klatka, K., Homer, C. J., Newacheck, P. W., & Perrin, J. M. (2011). Evidence for family-centered care for children with special health care needs: A systematic review. *Academic Pediatrics, 11*(2), 136–143. https://doi.org/10.1016/j.acap.2010.12.014

Kuo, D. Z., Cohen, E., Agrawal, R., Berry, J. G., & Casey, P. H. (2011). A national profile of caregiver challenges among more medically complex children with special health care needs. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine, 165*(11), 1020–1026. https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2011.172

Kuo, D. Z., Goudie, A., Cohen, E., Houtrow, A., Agrawal, R., Carle, A. C., & Wells, N. (2014). Inequities in health care needs for children with medical complexity. *Health Affairs, 33*(12), 2190–2198. https://doi.org/10.1377/hlthaff.2014.0273

Leo M, Bourke-Taylor H, Odgers S, Tirlea L. Online interventions for the mental health and well-being of parents of children with additional needs: Systematic review and meta-analysis. Aust Occup Ther J. 2025 Apr;72(2):e13004 https://doi.org/10.1111/1440-1630.13004.

Levesque, J. F., Harris, M. F., & Russell, G. (2013). Patient-centred access to health care: Conceptualising access at the interface of health systems and populations. *International Journal for Equity in Health, 12*, 18. https://doi.org/10.1186/1475-9276-12-18

Lipkin, P. H., Macias, M. M., & Council on Children with Disabilities, Section on Developmental and Behavioral Pediatrics. (2020). Promoting optimal development: Identifying infants and young children with developmental disorders through developmental surveillance and screening. *Pediatrics, 145*(1), e20193449. https://doi.org/10.1542/peds.2019-3449

Masefield, S. C., Prady, S. L., Sheldon, T. A., Small, N., Jarvis, S., & Pickett, K. E. (2020). The caregiver health effects of caring for young children with developmental disabilities: A meta-analysis. *Maternal and Child Health Journal, 24*, 561–574. https://doi.org/10.1007/s10995-020-02896-5

Masefield, S. C., Prady, S. L., Sheldon, T. A., Small, N., Jarvis, S., & Pickett, K. E. (2022). The effects of caring for young children with developmental disabilities on mothers' health and healthcare use: Analysis of primary care data in the Born in Bradford cohort. *Journal of Developmental and Physical Disabilities, 34*, 67–87. https://doi.org/10.1007/s10882-021-09789-7

Miller, J. E., Nugent, C. N., & Russell, L. B. (2013). Reasons for unmet need for child and family health services among children with special health care needs with and without medical homes. *PLoS ONE, 8*(12), e82570. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082570

Miodrag, N., Burke, M., Tanner-Smith, E., & Hodapp, R. M. (2015). Adverse health in parents of children with disabilities and chronic health conditions: A meta-analysis using the Parenting Stress Index's health sub-domain. *Journal of Intellectual Disability Research, 59*(3), 257–271. https://doi.org/10.1111/jir.12135

Molloy, C., Beatson, R., Harrop, C., Perini, N., & Goldfeld, S. (2020). Systematic review: Effects of sustained nurse home visiting programs for disadvantaged mothers and children. *Journal of Advanced Nursing, 77*(1), 147–161. https://doi.org/10.1111/jan.14576

Musuka, G., Cuadros, D. F., Miller, F. D., Mukandavire, Z., Dhliwayo, T., Iradukunda, P. G., Mano, O., & Dzinamarira, T. (2025). Immunization coverage, equity, and access for children with disabilities: A scoping review of challenges, strategies, and lessons learned to reduce the number of zero-dose children. *Vaccines, 13*(4), 377. https://doi.org/10.3390/vaccines13040377

National Association of Pediatric Nurse Practitioners. (2021). NAPNAP position statement: Access to care for children and youth with special health care needs. *Journal of Pediatric Health Care, 35*(3), 328–331. https://doi.org/10.1016/j.pedhc.2021.01.001

National Association of School Nurses. (2025). *School nursing evidence-based clinical practice guideline: Students with complex health conditions*. National Association of School Nurses.

© 2026 ISARC Academy

Neece, C. L., Green, S. A., & Baker, B. L. (2012). Parenting stress and child behavior problems: A transactional relationship across time. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities, 117*(1), 48–66. https://doi.org/10.1352/1944-7558-117.1.48

Jang, J., Kim, G., Jeong, H., Lee, N., & Oh, S. (2023). Meta-analysis on the effectiveness of parent education for children with disabilities. World Journal of Clinical Cases, 11(29), 7082–7090. https://doi.org/10.12998/wjcc.v11.i29.7082

Peng, Q., Dong, Y., Jin, J., Ao, H., Zhang, C., & Ma, Y. (2025). The effectiveness of mindfulness-based interventions for children with autism and their parents: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology, 16*, 1526001. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1526001

Peter, S., Chaney, G., Zappia, T., Van Veldhuisen, C., Pereira, S., & Santamaria, N. (2011). Care coordination for children with complex care needs significantly reduces hospital utilization. *Journal for Specialists in Pediatric Nursing, 16*(4), 305–312. https://doi.org/10.1111/j.1744-6155.2011.00303.x

Rahman, A., Divan, G., Hamdani, S. U., Vajaratkar, V., Taylor, C., Leadbitter, K., Aldred, C., Minhas, A., Cardozo, P., Emsley, R., Patel, V., & Green, J. (2016). Effectiveness of the parent-mediated intervention for children with autism spectrum disorder in south Asia in India and Pakistan (PASS): A randomised controlled trial. *The Lancet Psychiatry, 3*(2), 128–136. https://doi.org/10.1016/S2215-0366(15)00388-0

Schalock, R. L., Luckasson, R., & Tassé, M. J. (2021). An overview of intellectual disability: Definition, diagnosis, classification, and systems of supports (12th ed.). *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities, 126*(6), 439–442. https://doi.org/10.1352/1944-7558-126.6.439

Scherer, N., Verhey, I., & Kuper, H. (2019). Depression and anxiety in parents of children with intellectual and developmental disabilities: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE, 14*(7), e0219888. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219888

Shaw, K. A., Williams, S., Patrick, M. E., ve ark. (2025). Prevalence and early identification of autism spectrum disorder among children aged 4 and 8 years: Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 16 sites, United States, 2022. *MMWR Surveillance Summaries, 74*(2), 1–22. https://doi.org/10.15585/mmwr.ss7402a1

Shilling, V., Morris, C., Thompson-Coon, J., Ukoumunne, O., Rogers, M., & Logan, S. (2013). Peer support for parents of children with chronic disabling conditions: A systematic review of quantitative and qualitative studies. *Developmental Medicine & Child Neurology, 55*(7), 602–609. https://doi.org/10.1111/dmcn.12091

Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu. (2006). *Resmî Gazete* (Sayı: 26200). Kanun No. 5510. [Resmî Gazete tarihini ekleyin]

Sørensen, K., Van den Broucke, S., Fullam, J., Doyle, G., Pelikan, J., Slonska, Z., & Brand, H. (2012). Health literacy and public health: A systematic review and integration of definitions and models. *BMC Public Health, 12*, 80. https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-80

Strunk, J. A. (2010). Respite care for families of special needs children: A systematic review. *Journal of Developmental and Physical Disabilities, 22*(6), 615–630. https://doi.org/10.1007/s10882-010-9190-4

Topaloğlu Ören, E. D., Dereli, F., & Yıldırım Sarı, H. (2021). Engelli bireylerin sağlık hizmetine ve bakıma erişimi ile ilgili yaşadıkları sorunlar. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 6*(3), 185–192.

Topuz, M., Polat, H., & Demirgüç, A. (2024). Serebral palsili çocukların annelerinin omuz ağrı ve fonksiyonel düzeyinin değerlendirilmesi: Kesitsel tanımlayıcı araştırma. *Türkiye Klinikleri Sağlık Bilimleri Dergisi, 9*(2), 302–312. https://doi.org/10.5336/healthsci.2023-99204

© 2026 ISARC Academy

United Nations. (2006). *Convention on the Rights of Persons with Disabilities*. https://www.un.org/disabilities/documents/convention/convoptprot-e.pdf

United Nations Children's Fund. (2021). *Seen, counted, included: Using data to shed light on the well-being of children with disabilities*. UNICEF.

Verep, S. (2005). *Zihinsel engelli çocuk annelerine verilen hemşirelik eğitiminin annelerin tükenmişliğini azaltmaya etkisi* [Yüksek lisans tezi]. Atatürk Üniversitesi.

World Health Organization. (2007). *International classification of functioning, disability and health: Children and youth version (ICF-CY)*.

World Health Organization. (2022). *Global report on health equity for persons with disabilities*.

World Health Organization. (2023, 7 Mart). *Disability* [Fact sheet]. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health

World Health Organization & United Nations Children's Fund. (2023). *Global report on children with developmental disabilities: From the margins to the mainstream*. https://www.unicef.org/media/145016/file/Global-report-on-children-with-development-disabilities-2023.pdf

Xie, Y., Wu, J., Li, Y., Liu, H., Peng, Y., Zhou, P., Sun, Y., Kang, L., Jiang, C., & Wu, H. (2024). Requirements for and barriers to rehabilitation services for children with disabilities in middle- and high-income countries: Scoping review. *Interactive Journal of Medical Research, 13*, e50047. https://doi.org/10.2196/50047

© 2026 ISARC Academy

A METAPHORICAL PORTRAIT OF A PROFESSION: MEDICAL SECRETARYSHIP THROUGH THE EYES OF STUDENTS

Lect. PhD Betül SARI

Mersin University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, 33343 Yenişehir, Mersin

ORCID ID: 0000-0003-4398-7311

Lect. Halil Can AYDEMİR

Tarsus University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, 33400 Tarsus, Mersin

ORCID ID: 0000-0002-2643-3336

ABSTRACT

This study aimed to explore the perceptions of students enrolled in the Medical Documentation and Secretarial Studies Program at Mersin University regarding the concept of a "medical secretary" through metaphors. This study employed a phenomenological design within the framework of qualitative research. The study group consisted of 82 students enrolled in the Medical Documentation and Secretarial Studies Program at Mersin University who voluntarily participated in the research. Data were collected by asking students to complete the statement, "A medical secretary is like … because …". Content analysis was used to analyze the data. Following the evaluation process, 73 metaphorical expressions were considered valid and included in the analysis. The valid metaphorical expressions were classified into eight conceptual categories based on their shared characteristics: Communication and Connectivity (24.7%), Organization, Coordination, and Time Management (17.8%), Guidance, Direction, and Initial Contact (15.1%), Information, Record, and Document Management (12.3%), Supportive and Facilitative Role (9.6%), Being an Essential and Vital Component of Hospital Operations (9.6%), Versatility, Workload, and Diligence (5.5%), and Invisible Labor (5.5%). The highest proportion of metaphorical expressions was observed in the Communication and Connectivity category. The findings indicate that students perceive medical secretaryship as a multifaceted profession encompassing communication, coordination, patient guidance, and information management. Metaphors such as "bridge," "clock," and "compass" highlight the profession's diverse roles, while "backbone" and "hidden hero" emphasize its importance in hospital operations and its often invisible contributions. Overall, students conceptualize medical secretaryship as extending beyond traditional recordkeeping and documentation tasks.

Anahtar kelimeler: Medical secretary, metaphor, metaphor analysis, qualitative research

BİR MESLEĞİN METAFORİK PORTRESİ: ÖĞRENCİLERİN GÖZÜNDEN TIBBİ SEKRETERLİK

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, Mersin Üniversitesi Tıbbi Dokümantasyon ve Sekreterlik Programı öğrencilerinin "tıbbi sekreter" kavramına ilişkin algılarını metaforlar aracılığıyla ortaya koymaktır. Araştırmada nitel araştırma desenlerinden olgubilim (fenomenoloji) deseni kullanılmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu Mersin Üniversitesi Tıbbi Dokümantasyon ve Sekreterlik Programında öğrenim gören ve araştırmaya gönüllü olarak katılan 82 öğrenci oluşturmuştur. Veriler, öğrencilerin "Tıbbi sekreter … gibidir; çünkü …" ifadesini tamamlamaları yoluyla elde edilmiştir. Verilerin analizinde içerik analizi

© 2026 ISARC Academy

kullanılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda 73 metafor ifadesi geçerli kabul edilmiş ve analize dahil edilmiştir. Geçerli metafor ifadeleri ortak özellikleri doğrultusunda sekiz kavramsal kategori altında sınıflandırılmıştır. Bu kategoriler; İletişim ve Bağlantı Sağlama (%24,7), Düzenleme, Koordinasyon ve Zaman Yönetimi (%17,8), Rehberlik, Yönlendirme ve İlk Temas (%15,1), Bilgi, Kayıt ve Belge Yönetimi (%12,3), Destekleyici ve Kolaylaştırıcı Rol (%9,6), Hastane İşleyişinin Temel ve Hayati Unsuru Olma (%9,6), Çok Yönlülük, İş Yükü ve Çalışkanlık (%5,5) ve Görünmeyen Emek (%5,5) olarak belirlenmiştir. En fazla metafor ifadesinin İletişim ve Bağlantı Sağlama kategorisinde yer aldığı görülmüştür. Araştırma bulguları, öğrencilerin tıbbi sekreterliği iletişim, koordinasyon, hasta yönlendirme ve bilgi yönetimini kapsayan çok yönlü bir meslek olarak algıladıklarını göstermektedir. "Köprü", "saat" ve "pusula" gibi metaforlar mesleğin farklı rollerini vurgularken, "omurga" ve "gizli kahraman" metaforları hastane işleyişindeki önemini ve çoğu zaman görünmeyen katkılarını ortaya koymaktadır. Genel olarak öğrenciler, tıbbi sekreterliği geleneksel kayıt ve dokümantasyon görevlerinin ötesinde bir meslek olarak anlamlandırmaktadır.

Keywords: Tıbbi sekreter, metafor, metafor analizi, nitel araştırma

1. INTRODUCTION

Healthcare services are characterized by a complex structure involving intensive flows of information and communication, requiring different professional groups to work simultaneously and in a coordinated manner (Goedegebure et al., 2025). Maintaining the effective functioning of this structure depends not only on clinical practices but also on the accurate recording of patient information, preparation of medical documents, facilitation of information flow, and efficient management of administrative processes (Al-Rashidi et al., 2026). Medical secretaries are among the healthcare personnel who play important roles in managing these processes and maintaining the continuity of healthcare service delivery (Qvarfordt et al., 2024).

The responsibilities of medical secretaries encompass a wide range of activities, including patient admission and registration, medical documentation, filing and archiving, appointment scheduling, patient guidance, and internal communication (Çoban & Akbal, 2026). In addition, medical secretaries have significant responsibilities in ensuring the accuracy and quality of medical records and managing electronic health records (Bertelsen & Nøhr, 2006; Johansen et al., 2015). Their involvement in recordkeeping and documentation processes across different departments of healthcare institutions makes them essential components of information flow within healthcare services (Hooke, 2016).

Technological advancements in healthcare have also led to changes in the roles and responsibilities of medical secretaries. With the increasing adoption of electronic health records and digital health applications, medical secretaries are expected to perform not only traditional administrative and recordkeeping tasks but also duties related to the use of digital information systems and the management of healthcare data (Qvarfordt et al., 2024). These developments demonstrate the multifaceted nature of medical secretaryship, which requires the integration of technical knowledge and skills with communication, organizational, coordination, and digital competencies (Akpınar & Karakoç, 2025; Al-Rashidi et al., 2026).

Communication is another important dimension of the medical secretary profession. As one of the first points of contact for patients and their relatives within healthcare institutions, medical secretaries also contribute to facilitating communication between patients and healthcare professionals (Alkhaldi et al., 2024). Previous studies have emphasized the importance of communication skills and emotional labor in medical secretaries' interactions with patients (Kaya et al., 2017) and have identified their intermediary role in communication between physicians and patients (Erdem et al., 2013). Therefore, medical secretaryship should also be considered in terms of patient communication, guidance, and the coordination of healthcare services.

Understanding how this multifaceted profession is perceived by students who will enter the field in the future is particularly important. Students' perceptions of their chosen profession may provide valuable insights into how they interpret professional roles and responsibilities and how they position themselves

© 2026 ISARC Academy

within their future professional roles. The literature suggests that perceptions developed during professional education may influence professional identity, attitudes toward the profession, and sense of professional belonging (Mukhalalati et al., 2024). In this context, identifying the meanings attributed to medical secretaryship by students enrolled in Medical Documentation and Secretarial Studies Programs is important for understanding their professional perceptions.

Metaphors are among the tools that can be used to explore individuals' perceptions of a concept or phenomenon. They enable individuals to understand abstract or complex concepts through more concrete concepts or domains of experience (Lakoff & Johnson, 1980). From this perspective, metaphors are regarded not merely as linguistic comparisons but also as cognitive tools that reflect how individuals structure their experiences and thoughts (Teich et al., 2025). Metaphor analysis is an approach that enables the examination of patterns of thought and conceptual interpretations associated with a particular phenomenon through the metaphorical expressions used by participants (Armstrong et al., 2011). Furthermore, metaphor analysis has been recognized as a useful approach for examining in depth how individuals perceive complex concepts and phenomena (Güneş & Fırat, 2016).

Studies employing metaphors in healthcare education have demonstrated that students conceptualize their professions through various roles, characteristics, and functions (Çakmak, 2026; Yıldız İçigen & Sönmez, 2024; Koçak Uyaroğlu et al., 2024). A study examining healthcare management students' perceptions of the concept of a “healthcare manager” found that the metaphors were grouped into several categories, including managerial elements, managerial qualities, vital importance, leadership characteristics, versatility, perceived benefits, perceived negative aspects, and professional position (Yılmaz et al., 2020). Similarly, Çakmak (2026), who investigated the professional perceptions of prospective medical secretaries, reported that the metaphors were classified into five conceptual categories: position within the healthcare system, supportive and assisting roles, communication, versatility, and information security and confidentiality.

Considering the responsibilities undertaken by medical secretaries at different stages of healthcare delivery and their evolving professional roles, examining students' perceptions of the profession across different samples remains important. Identifying the concepts students associate with medical secretaries and the aspects of the profession they emphasize may contribute to revealing different dimensions of professional perception and evaluating the educational process. Accordingly, this study aimed to explore the perceptions of students enrolled in the Medical Documentation and Secretarial Studies Program at Mersin University regarding the concept of a “medical secretary” through metaphors and to examine the metaphors generated by the students within conceptual categories based on their shared characteristics.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Research Aim and Research Questions

This study aimed to explore the perceptions of students enrolled in the Medical Documentation and Secretarial Studies Program at Mersin University regarding the concept of a “medical secretary” through metaphors. Accordingly, the study sought to address the following research questions:

1. What metaphors do students enrolled in the Medical Documentation and Secretarial Studies Program generate to describe the concept of a “medical secretary”?
2. Into which conceptual categories can the metaphors generated by the students be classified based on their shared characteristics?

2.2. Participants

The study group consisted of 82 first- and second-year students enrolled in the Medical Documentation and Secretarial Studies Program at Mersin University who voluntarily participated in the study. At the time of the study, a total of 140 students were enrolled in the program.

© 2026 ISARC Academy

Of the participants, 76.8% were female and 23.2% were male. Regarding age distribution, 52.4% were aged 18–19 years, 34.1% were aged 20–21 years, and 13.4% were aged 22–23 years. Furthermore, 47.6% of the participants were first-year students, while 52.4% were second-year students. The majority of students (90.2%) reported that they had deliberately and willingly chosen the Medical Documentation and Secretarial Studies Program. The descriptive characteristics of the participants are presented in Table 1.

Table 1. Distribution of participants by descriptive characteristics (N = 82)

Variable	**n**	**%**
Gender		
Female	63	76.8
Male	19	23.2
Age (years)		
18-19	43	52.4
20-21	28	34.1
22-23	11	13.4
Class		
1st	39	47.6
2nd	43	52.4
Deliberate and Voluntary Choice of Program		
Yes	74	90.2
No	8	9.8

2.3. Research Design

This study was conducted within a qualitative research framework using a phenomenological design. Phenomenology is a research approach that aims to explore individuals' perceptions of a particular phenomenon and the meanings they attribute to it (Mayring, 2011). The phenomenon examined in this study was students' perceptions of the concept of a “medical secretary.”

Metaphors were used to explore the meanings students attributed to this concept. Metaphor analysis enables the examination of underlying conceptual patterns of thought through linguistic expressions in which individuals associate one concept with another (Armstrong et al., 2011). Furthermore, metaphor analysis is regarded as a qualitative approach that allows for an in-depth examination of how individuals perceive complex concepts and phenomena (Güneş & Fırat, 2016). Accordingly, the metaphors generated by the students were analyzed by considering not only the metaphorical comparisons themselves but also the explanations provided to justify these comparisons.

2.4. Data Collection Instrument and Procedure

A data collection form was used to assess participants' descriptive characteristics and metaphorical perceptions of the concept of a “medical secretary.” The first section of the form included questions regarding participants' gender, age, year of study, and whether they had deliberately and willingly chosen the program. In the second section, students were asked to complete the statement, “A medical secretary is like … because …”. Before data collection, the concept of metaphor was explained to the participants, and examples involving different concepts were provided. Participants were instructed to compare the concept of a medical secretary to a single entity, object, or concept and to explain the reasoning behind their comparison following the word “because.” This approach aimed to reveal not only the metaphors themselves but also the conceptual relationships established between each metaphor and the concept of a “medical secretary.” The metaphors generated by the students and their accompanying explanations constituted the primary qualitative data source for the study.

© 2026 ISARC Academy

2.5. Ethical Considerations

Ethical approval for the study was obtained from the Social Sciences and Humanities Ethics Committee of Mersin University (Approval date: September 23, 2026; Meeting No.: 12; Decision No.: 265). The study was unanimously approved by the Ethics Committee as ethically appropriate.

2.6. Data Analysis and Interpretation

Content analysis was used to analyze the data obtained from the study. The analysis and interpretation of metaphors were conducted through the following stages: naming and coding, screening and refinement, compilation and category development, supporting validity, and transferring the data to a computer-based environment.

In the first stage, the metaphors generated by participants regarding the concept of a "medical secretary" were examined, and each metaphor was coded. Subsequently, the metaphorical expressions were evaluated in terms of the target of the metaphor, its source, and the relationship between the target and source. Expressions that lacked a metaphorical source, did not constitute a metaphor, provided insufficient justification, or failed to establish a meaningful and explanatory relationship between the metaphor and its justification were excluded from the analysis. Previous research has emphasized the importance of considering participants' justifications alongside the metaphors themselves in metaphor studies (Yılmaz et al., 2020).

Following the screening and refinement stage, 73 of the expressions obtained from 82 participants were considered valid, while nine were excluded from the analysis. The excluded expressions were "window," "Mecnun," "optimistic toward patients," "indispensable," "creative," "keyboard," "pawn," "useful," and "two people who complement each other." These expressions were excluded because their metaphorical nature was insufficiently clear, they lacked adequate justification, or no coherent relationship could be established between the metaphor and its justification.

During the compilation and category development stage, the valid metaphors were re-examined, and conceptual categories were developed based on the sources of the metaphors, the justifications provided by participants, and their shared semantic characteristics. When the same metaphor was used by different participants with different justifications, categorization was based not only on the metaphor itself but also on the accompanying explanation. As a result, the valid metaphorical expressions were classified into eight conceptual categories.

To assess the appropriateness of the categories, two experts reviewed the metaphors, participants' justifications, and their corresponding categories. Based on the expert evaluations, the extent to which the categories represented the metaphorical expressions and participants' justifications was reassessed, and the categories were finalized.

To support the validity of the study, the data analysis process was described in detail, and the findings were supported by direct quotations from participants. In qualitative research, transparent reporting of data collection and analysis procedures and the use of direct participant quotations to support findings are considered important criteria for enhancing validity (Yıldırım, 2010).

In the final stage of the analysis, the valid metaphors and their corresponding conceptual categories were entered into a computer-based database. Frequencies (f) and percentages (%) were calculated for each category, and the findings were presented in tables. In addition, direct quotations from participants' metaphorical expressions and their accompanying justifications were included to provide a clearer understanding of the meanings represented by each category.

3. RESULTS

The valid metaphorical expressions generated by participants regarding the concept of a "medical secretary" were grouped into eight conceptual categories based on their shared characteristics and the

© 2026 ISARC Academy

justifications provided for the metaphors. The distribution of the categories and their corresponding metaphors is presented in Table 2.

Table 2. Findings on the categories and metaphors related to the concept of a medical secretary

Category	Metaphors	f	%
Communication and Connectivity	Bridge (6), Connection (2), Doctor's Right-Hand Person (1), Communication (1), Link (1), Connection Point (1), Human Resources (1), Hospital's Hidden Administrator (1), Letter (1), Modem (1), A Different Bond Between Patient and Doctor (1), Two Complementary Elements (1)	**18**	**24.7**
Organization, Coordination, and Time Management	Time Manager (2), Silent Hero (2), Manager (1), Director (1), Transition and Gathering Area (1), Organization Notebook (1), Hospital's Brain (1), Brain (1), Computer (1), Clock (1), Organizer (1)	**13**	**17.8**
Guidance, Direction, and Initial Contact	Guide (4), Compass (2), Auxiliary Intervening Variable (1), Face of the Hospital (1), Beginning (1), Signpost (1), Invisible Part of Healthcare (1)	**11**	**15.1**
Information, Record, and Document Management	Harbor (1), Foundation of the Hospital (1), Hospital's Brain (1), Connection Point (1), Puzzle Master (1), Office Worker (1), Computer-Operating Robot (1), Wise Person (1), Printer (1)	**9**	**12.3**
Supportive and Facilitative Role	Assistant (1), Arm of the Hospital (1), Doctor's Hands and Feet (1), Adjustable Wrench (1), Patient's Relative (1), Doctor (1), Doctor's Right-Hand Person (1)	**7**	**9.6**
Being an Essential and Vital Component of Hospital Operations	Backbone (2), Pillar (1), Important Part of the Hospital (1), Cornerstone (1), Building Block (1), Hidden Hero (1)	**7**	**9.6**
Versatility, Workload, and Diligence	Ant (2), Mountain (1), Arms and Legs of the Hospital (1)	**4**	**5.5**
Invisible Labor	Hidden Hero (2), Invisible Side of the Hospital (1), Cameraperson (1)	**4**	**5.5**
Total		**73**	**100.0**

Note: The classification of metaphors was based on the justifications provided by participants. Therefore, the same metaphor may appear in different conceptual categories depending on the underlying justifications.

Communication and Connectivity

This category comprises metaphors that describe medical secretaries as individuals who facilitate communication and connections among patients, physicians, and the healthcare system. With a total of 18 metaphorical expressions (24.7%), it was the most frequently represented category. The most prominent metaphors in this category were “bridge” (6) and “connection” (2). Some participants expressed their views as follows:

“Medical secretaryship is like a **bridge** because it ensures effective communication and establishes a connection between patients and healthcare professionals.” (K29)

“It is like **a bridge** because it serves as the link that maintains coordination among patients, doctors, and the healthcare system.” (K63)

“It is like a **modem**. All systems pass through it.” (K44)

These statements indicate that students perceive medical secretaries as professionals who facilitate communication and establish connections among different individuals and processes within healthcare services.

© 2026 ISARC Academy

Organization, Coordination, and Time Management

This category includes 13 metaphorical expressions (17.8%) reflecting the role of medical secretaries in organizing healthcare services, coordinating tasks, and managing time. The most frequently mentioned metaphors in this category were “time manager” (2) and “silent hero” (2).

“A medical secretary is like an **organization notebook** because they ensure that all operations proceed in an orderly manner.” (K39)

“A medical secretary is like a **clock**. They ensure that every task is carried out on time and correctly.” (K71)

“A medical secretary is like a **time manager**. They organize the doctor's tasks.” (K46)

These statements indicate that students perceive medical secretaries as professionals who maintain organization and coordination in healthcare services and contribute to effective time management.

Guidance, Direction, and Initial Contact

This category includes 11 metaphorical expressions (15.1%) reflecting the role of medical secretaries in providing guidance and direction during patients' initial contact with healthcare institutions. The most prominent metaphors in this category were “guide” (4) and “compass” (2).

“A medical secretary is like a **compass**. They provide direction within the hospital.” (K13)

“A medical secretary is like a **guide** because they direct people and provide them with guidance.” (K32)

“A medical secretary is like a **beginning**. Patients first communicate with secretaries.” (K28)

These statements indicate that students conceptualize medical secretaries as professionals who provide guidance and direction during patients' initial interactions with healthcare institutions.

Information, Record, and Document Management

This category includes nine metaphorical expressions (12.3%) reflecting the roles of medical secretaries in collecting, recording, organizing, and documenting healthcare information. Each metaphor in this category was mentioned only once.

“A medical secretary is like the **brain of the hospital**. They serve as a guide where information is collected, like a memory.” (K35)

“A medical secretary is like a **puzzle master** because they bring fragmented pieces of information together and make them meaningful.” (K53)

“A medical secretary is like the **foundation** of the hospital. They organize everything into files.” (K33)

These statements indicate that students perceive medical secretaries as essential personnel in the organization and management of healthcare information and documentation.

Supportive and Facilitative Role

This category includes seven metaphorical expressions (9.6%) reflecting the role of medical secretaries in supporting healthcare professionals and patients and facilitating healthcare delivery.

“A medical secretary is like **the doctor's hands and feet**. They provide extensive assistance to doctors and reduce their workload.” (K6)

“A medical secretary is like **an adjustable wrench**. They help us access healthcare services and make tasks easier.” (K26)

© 2026 ISARC Academy

"A medical secretary is like the **doctor's right-hand person**. They assist doctors with their work and perform tasks that may seem minor." (K66)

These statements indicate that students perceive medical secretaries as professionals who facilitate healthcare delivery and provide support to both healthcare professionals and patients.

Being an Essential and Vital Component of Hospital Operations

This category includes seven metaphorical expressions (9.6%) reflecting the perception of medical secretaries as essential and supporting components of hospital operations. The most frequently mentioned metaphor in this category was "backbone" (2).

"A medical secretary is like a **backbone.** They keep the hospital functioning." (K42)

"A medical secretary is like a **pillar**. They are present in every part of the hospital and provide structural support." (K8)

"For me, a medical secretary is a **cornerstone of a hospital**. Secretaries are very important when it comes to patient records and ensuring the efficient operation of the hospital." (K50)

These statements indicate that students regard medical secretaries as essential professionals who provide fundamental support for maintaining hospital operations.

Versatility, Workload, and Diligence

This category includes four metaphorical expressions (5.5%) reflecting the multiple responsibilities, heavy workload, and diligence associated with medical secretaries. The most frequently used metaphor was "ant" (2).

"A medical secretary is like an **ant.** They carry the heaviest burden." (K31)

"A medical secretary is like a **mountain.** They carry the entire burden of the hospital." (K27)

"A medical secretary is like the **arms and legs of the hospital**. They perform many different tasks." (K52)

These statements indicate that students perceive medical secretaryship as a profession involving diverse responsibilities and requiring considerable effort and hard work.

Invisible Labor

This category includes four metaphorical expressions (5.5%) reflecting the perception that medical secretaries' contributions to healthcare services often remain behind the scenes. The most frequently mentioned metaphor in this category was "hidden hero" (2).

"A medical secretary is like a **hidden hero**. They perform most of the work behind the scenes." (K59)

"We are the **invisible side** of the hospital. We remain in the background." (K18)

"A medical secretary is like a **cameraperson.** They are rarely seen, but their role is important." (K73)

These statements indicate that students recognize the contributions of medical secretaries to healthcare services while perceiving much of their work as remaining largely unnoticed or behind the scenes.

4. DISCUSSION

This study revealed that students enrolled in the Medical Documentation and Secretarial Studies Program conceptualized the role of medical secretaries through various professional dimensions. The classification of metaphors into categories related to communication, coordination, guidance,

© 2026 ISARC Academy

information and document management, supportive roles, importance in hospital operations, workload, and invisible labor indicates that students do not perceive medical secretaryship as a profession limited to recordkeeping and documentation tasks. These findings suggest that students' perceptions of the profession also encompass the organizational and interpersonal processes involved in healthcare delivery.

The predominance of metaphorical expressions in the "Communication and Connectivity" category indicates that students primarily conceptualize medical secretaryship through its role in establishing connections among individuals and departments. Metaphors such as "bridge," "connection," "link," "letter," and "modem" reflect the position of medical secretaries in facilitating communication among patients, physicians, and the healthcare system. Previous studies have reported that medical secretaries interact extensively with patients, their relatives, and healthcare professionals, and that communication skills are essential for managing patient relationships (Kaya et al., 2017). Similarly, medical secretaries have been identified as intermediaries in communication between physicians and patients (Erdem et al., 2013). In this context, the prominence of communication-related metaphors suggests that students recognize the profession's contribution not only to information exchange but also to maintaining communication and interaction among different stakeholders in healthcare services.

The "Organization, Coordination, and Time Management" category ranked second, indicating that students attach importance to the organizational roles of medical secretaries in ensuring the orderly delivery of healthcare services. Metaphors such as "time manager," "organization notebook," "clock," "organizer," and "manager" emphasize the profession's role in organizing workflows and coordinating different processes. Managing appointment schedules, regulating patient flow, and maintaining information exchange between departments are among the responsibilities of medical secretaries in healthcare settings (Schwalbe et al., 2026; Al-Rashidi et al., 2026). From this perspective, students appear to perceive medical secretaryship not merely as a profession involving specific administrative tasks but also as one that contributes to the organization and coordination of healthcare operations.

The "Guidance, Direction, and Initial Contact" category demonstrates that students perceive medical secretaries as professionals who provide guidance during patients' access to healthcare services. Metaphors such as "guide," "compass," "beginning," "signpost," and "face of the hospital" emphasize the profession's role in initial patient contact and navigation within healthcare institutions. The involvement of medical secretaries in various processes, ranging from patient admission to directing patients to appropriate departments, highlights their important position in facilitating access to healthcare services (Richardt et al., 2026). This finding suggests that students associate the profession not only with internal institutional operations but also with patients' experiences within healthcare settings.

Metaphors in the "Information, Record, and Document Management" category, including "hospital's brain," "puzzle master," "wise person," "printer," and "foundation of the hospital," indicate that students recognize the information management and documentation functions of medical secretaryship. Previous research has highlighted the important roles of medical secretaries in creating and managing electronic health records (Bertelsen & Nøhr, 2006; Johansen et al., 2015). Furthermore, the digital transformation of healthcare has been reported to influence the working practices and responsibilities associated with the profession (Qvarfordt et al., 2024). In the present study, the emergence of metaphors related to information and document management suggests that students consider traditional recordkeeping and documentation functions to be important professional responsibilities. However, these metaphors cannot be interpreted as directly reflecting perceptions of digital competence.

Metaphors in the "Supportive and Facilitative Role" category, such as "doctor's hands and feet," "doctor's right-hand person," "assistant," and "adjustable wrench," indicate that students perceive medical secretaries as professionals who facilitate healthcare delivery. By undertaking administrative and organizational responsibilities, medical secretaries contribute to the workflows of clinical staff and the continuity of healthcare services (Knudsen & Bertelsen, 2023). Nevertheless, physician-centered metaphors suggest that students also conceptualize the profession in terms of the support provided to other healthcare professionals. This finding is noteworthy in understanding how students perceive the

© 2026 ISARC Academy

independent responsibilities of medical secretaries alongside their supportive position within the healthcare team.

Metaphors in the "Being an Essential and Vital Component of Hospital Operations" category, including "backbone," "pillar," "cornerstone," and "building block," demonstrate that students attribute considerable importance to the position of medical secretaries within healthcare institutions. A common characteristic of these metaphors is the perception of the profession as a fundamental and complementary component of healthcare delivery. Previous research has indicated that medical secretaries contribute to the continuity of healthcare services through their responsibilities in patient registration, information flow, communication, and administrative processes (Alanazi et al., 2024). Accordingly, these metaphors suggest that students evaluate the importance of the profession not only through individual tasks but also through its overall contribution to the functioning of healthcare institutions.

Metaphors in the "Versatility, Workload, and Diligence" category, such as "ant," "mountain," and "arms and legs of the hospital," indicate that students perceive medical secretaryship as a profession involving multiple responsibilities and considerable effort. The diverse duties performed by medical secretaries, including registration, communication, patient guidance, documentation, and organization, reflect the multifaceted nature of the profession (Kolca et al., 2023; Bertelsen & Nøhr, 2006). However, the emphasis on carrying heavy burdens in the "ant" and "mountain" metaphors suggests that students associate professional responsibilities not only with task diversity but also with workload. This finding indicates that students' perceptions of the profession may encompass evaluations of working conditions alongside diligence and responsibility.

One noteworthy finding of this study was the emergence of "Invisible Labor" as a distinct category. Metaphors such as "hidden hero," "invisible side of the hospital," and "cameraperson" suggest that students perceive the contributions of medical secretaries to healthcare services as not always being visible or recognized. In addition to direct clinical practices, healthcare delivery relies heavily on behind-the-scenes processes, including recordkeeping, information management, communication, and organization (Bossen et al., 2014; Møller & Vikkelsø, 2012). In this context, the invisible labor category suggests that students may be aware not only of the profession's importance to institutional operations but also of issues related to its professional visibility. The relationship between recognizing the importance of the profession and perceiving that importance as insufficiently visible may represent a relevant dimension for understanding students' perceptions of professional identity.

Overall, the findings indicate that students conceptualize medical secretaryship as a multifaceted profession encompassing communication, coordination, guidance, information management, and supportive roles. Similarly, Çakmak (2026), who examined the metaphorical perceptions of prospective medical secretaries, identified dimensions related to the profession's position within the healthcare system, supportive and assisting roles, communication, versatility, and information security and confidentiality. In the present study, however, dimensions such as coordination and time management, guidance and initial contact, information and document management, and invisible labor were examined as separate categories, demonstrating that the meanings students attribute to the profession can be classified according to different functions. Nevertheless, differences between categories may be associated not only with students' perceptions but also with the classification approaches adopted in the respective studies. Therefore, the present findings suggest that students conceptualize medical secretaryship through distinct yet interrelated professional roles.

5. LIMITATIONS

This study has several limitations. First, the study was conducted with students enrolled in the Medical Documentation and Secretarial Studies Program at Mersin University, which limits the transferability of the findings to student populations at other universities. In addition, collecting data solely through a metaphor completion form may have limited the in-depth exploration of students' perceptions of the profession. The absence of comparisons based on students' professional experience and internship status

© 2026 ISARC Academy

should also be considered when interpreting the findings. Furthermore, as the classification of metaphors into conceptual categories involves an interpretive process, different researchers may develop alternative classifications. Given these limitations, the findings should be interpreted within the context of the metaphorical perceptions of the students who participated in the study.

6. Conclusions

This study revealed that students enrolled in the Medical Documentation and Secretarial Studies Program hold multidimensional perceptions of the concept of a "medical secretary." Students primarily perceived medical secretaries as professionals who facilitate communication and connectivity, organize healthcare operations, guide patients, manage information and documentation, support healthcare professionals, and play important roles in hospital operations. Furthermore, the demanding workload and invisible labor associated with the profession were also reflected in students' metaphors. Based on these findings, it is recommended that Medical Documentation and Secretarial Studies Programs emphasize not only recordkeeping and documentation tasks but also the diverse professional roles involving communication, coordination, patient guidance, time management, and teamwork. Future research could involve larger samples of students from different universities to compare their metaphorical perceptions of the profession.

REFERENCES

Akpınar G, Karakoç E. (2025). Tıbbi Sekreterlerin Meslekî İletişim Algıları: Nitel Bir Araştırma. Kastamonu İletişim Araştırmaları Dergisi 15, 108–135.

Alanazi KOZ, Al Harbi SH, Alharbi SM, Alenazi DH, Alanazi SFH, Al-Anazi MNL. (2024). The impact of medical secretaries on healthcare team dynamics: A qualitative study of interprofessional collaboration in clinical settings. Journal of International Crisis and Risk Communication Research, 2522–2528.

Alkhaldi MJO, Alsubaie AFF, Alshammari AH, Alrwily YH, Aldhafeeri QMH, Alshammari FJS. (2024). Understanding the roles and responsibilities of healthcare assistants in health care security, dentists, pharmacy technicians, and medical secretaries in care coordination and improving patient experience in Saudi Arabia: A qualitative study. International Journal of Medical Toxicology and Legal Medicine 27(2S), 85–90.

Al-Rashidi A, Alhur A, Al-Anazi A, Al-Anazi Y, Al-Rashidi A, Alshammari A, Alshammari B, Alsaeed F, Alazmi K, Alshammari S. (2026). The role of medical secretaries in hospital workflow, communication, and health information management: A qualitative study at Al-Hait General Hospital, Saudi Arabia. Georgian Medical News (373), 109–118.

Armstrong SL, Davis HS, Paulson EJ. (2011). The subjectivity problem: Improving triangulation approaches in metaphor analysis studies. International Journal of Qualitative Methods 10(2), 151–163.

Bertelsen P, Nøhr C. (2006). The work practice of medical secretaries and the implementation of electronic health records in Denmark. Health Information Management 34(4), 104–111.

Bossen C, Jensen LG, Udsen FW. (2014). Boundary-object trimming: On the invisibility of medical secretaries' care of records in healthcare infrastructures. Computer Supported Cooperative Work (CSCW) 23(1), 75–110.

Çakmak R. (2026). Tıbbi sekreter adaylarının "tıbbi sekreterlik" kavramına ilişkin metaforik algıları. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi 11(2), 382–389.

Çoban İ, Akbal H. (2026). Sağlık 4.0 uygulamalarının kullanımı önündeki engellerin analizi: Tıbbi sekreterler perspektifinden bir ÇKKV yaklaşımı. Bilişim Teknolojileri Dergisi 19(2), 201–210.

Erdem R, Bektaş M, Erkal P. (2013). Tıbbi sekreterlerin doktor-hasta iletişimine bakış açıları (Burdur Devlet Hastanesi örneği). Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 193–205.

© 2026 ISARC Academy

Goedegebure I, Jukema JS, Preenen PTY, de Bruijne MC. (2025). Understanding distributed situational awareness and information exchanges for safe patient care by hospital ward nurses: A focused ethnographic study. Nursing Inquiry 32(2), e70020.

Güneş A, Fırat M. (2016). Açık ve uzaktan öğrenmede metafor analizi araştırmaları. Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi 2(3), 115–129.

Hooke R. (2016). In support of medical secretaries. BMJ 352, i590.

Johansen MA, Pedersen Å-M, Ellingsen G. (2015). Secretaries' role in EHR documentation and the implications of establishing a structured EHR system. Studies in Health Technology and Informatics 216, 878.

Kaya ŞD, Yüceler A, Uludağ A, Karadağ Ş. (2017). Hasta ilişkilerinde tıbbi sekreterlerin duygusal emek ve iletişim becerilerinin nitel olarak değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi 8(19), 62–76.

Knudsen C, Bertelsen P. (2023). Medical secretaries' registration work in the data-driven healthcare era. Studies in Health Technology and Informatics 302, 262–266.

Koçak Uyaroğlu A, Selçuk Tosun A, Ünal E. (2024). Freshman nursing students' perception of their profession: A study of metaphor. Ordu Üniversitesi Hemşirelik Çalışmaları Dergisi 7(1), 216–225.

Kolca D, Bulut C, Barış M. (2023). The effects of occupational identification and over workloads of medical secretaries on their turnover intention during the COVID-19 pandemic process. ISPEC International Journal of Social Sciences & Humanities 7(1), 117–132.

Lakoff G, Johnson M. (1980). Metaphors We Live By. University of Chicago Press. Chicago.

Mayring P. (2011). Nitel Sosyal Araştırmaya Giriş: Nitel Düşünce İçin Bir Rehber. Gümüş A, Durgun MS (Çev.). BilgeSu Yayıncılık.

Møller NLH, Vikkelsø S. (2012). The clinical work of secretaries: Exploring the intersection of administrative and clinical work in the diagnosing process. COOP 2012: 10th International Conference on the Design of Cooperative Systems.

Mukhalalati B, Aly A, Yakti O, et al. (2024). Examining the perception of undergraduate health professional students of their learning environment, learning experience and professional identity development: A mixed-methods study. BMC Medical Education 24, 886.

Qvarfordt M, Lagrosen S, Nilsson L. (2024). Medical secretaries' fears and opportunities in an increasingly digitalised workplace environment. Journal of Health Organization and Management 38(9), 175–194.

Richardt L, Waidtløw KY, Ammentorp J, Timmermann C, Nørgård BM, Iachina M, Lund K, Sodemann M, Schwalbe DM. (2026). Mediating hospital attendance: Invisible administrative work and structural vulnerability in outpatient care. Social Science & Medicine 409, 119830.

Schwalbe DM, Richardt L, Sodemann M, Chodkiewicz NH, Grøtli NG, Waidtløw KY, Nørgård BM, Iachina M, Lund K, Ammentorp J. (2026). Absent or not invited? A multilevel qualitative study of patients and healthcare professionals' perspectives on barriers and enablers of outpatient attendance in Southern Denmark. BMC Health Services Research 26, 829.

Teich M, Leal W, Jost J. (2025). Diachronic data analysis supports and refines conceptual metaphor theory. PLOS Complex Systems 2(8), e0000058.

Yıldırım K. (2010). Nitel araştırmalarda niteliği artırma. İlköğretim Online 9(1), 79–92.

Yıldız İçigen A, Sönmez S. (2024). Nursing students' metaphorical perceptions of professional communication and the concept of nursing in their first clinical practice: Qualitative research. BMC Nursing 23, 952.

© 2026 ISARC Academy

Yılmaz N, Özer E, Fettahoğlu R. (2020). Sağlık yöneticisi kavramına ilişkin bir metafor analizi. Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 8(1), 115–124.

D VİTAMİNİ, FOLAT VE ÇİNKO: TREG/TH17 DENGESİ VE İMMÜN TOLERANSIN DÜZENLENMESİ

Asst. Prof. Merve BOLAT[1]

[1] Ataturk University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Physiology, Erzurum, Türkiye

[1] ORCID ID: https://orcid.org/0009-0009-8694-2181

ÖZET

Bağışıklık sistemi yalnızca mikroorganizmalarla savaşmakla kalmaz; vücudun kendi dokularına zarar vermemek için yanıtlarını da düzenlemelidir. Bu denge, düzenleyici T (Treg) hücreleri ile T yardımcı 17 (Th17) hücreleri arasındaki ilişkiyle yakından bağlantılıdır. Treg hücreleri aşırı bağışıklık yanıtlarını sınırlar ve immün toleransa katkı sağlar. Th17 hücreleri bazı bakteri ve mantarlara karşı koruma sunarken, etkinliklerinin kontrolsüzleşmesi kronik inflamasyon ve otoimmün hastalıklarla ilişkili olabilir. Bu derlemede D vitamini, folat ve çinkonun Treg/Th17 dengesiyle ilişkisi bütüncül biçimde değerlendirilmektedir. Konuyla ilgili temel çalışmalar, güncel derlemeler ve deneysel araştırmalar incelenmiştir. D vitamini, vitamin D reseptörü (VDR) aracılığıyla bağışıklık hücrelerindeki gen ifadesini düzenleyebilir, Treg yanıtlarını destekleyebilir ve aşırı Th17 etkinliğini sınırlayabilir. Folat, DNA sentezi ve tek karbon metabolizması için gereklidir; T hücresi çoğalmasını destekler ve DNA metilasyonu yoluyla bağışıklıkla ilişkili gen ifadesini etkileyebilir. Çinko hücre içi sinyalleşmeye, dendritik hücre olgunlaşmasına ve sitokin üretimine katkıda bulunur. Deneysel bulgular, bazı koşullarda çinkonun tolerojenik dendritik hücreleri ve Treg yanıtlarını destekleyebileceğini göstermektedir. Bu üç besin öğesi farklı mekanizmalar üzerinden aynı immün dengeye katkı sağlayabilir. Bununla birlikte, üçünü birlikte değerlendiren doğrudan klinik çalışmalar sınırlıdır. Mevcut kanıtlar biyolojik tamamlayıcılığı desteklese de klinik sinerjiyi ortaya koymamaktadır. Başlangıçtaki mikrobesin düzeylerini ve standart dozları dikkate alan kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: folat; Treg; Th17; D vitamini; çinko

VITAMIN D, FOLATE, AND ZINC: REGULATION OF TREG/TH17 BALANCE AND IMMUNE TOLERANCE

ABSTRACT

The immune system does more than fight microorganisms; it must also remain regulated to avoid damaging the body's own tissues. This balance is closely linked to the relationship between regulatory T (Treg) cells and T helper 17 (Th17) cells. Treg cells limit excessive immune responses and support immune tolerance. Th17 cells protect against certain bacteria and fungi, but when their activity is uncontrolled, they may contribute to chronic inflammation and autoimmune disease. This narrative review aims to provide a clear, integrated assessment of how vitamin D, folate, and zinc relate to the Treg/Th17 balance. Relevant foundational studies, recent reviews, and experimental studies were examined. Vitamin D may regulate gene expression in immune cells through the vitamin D receptor (VDR), support Treg responses, and restrain excessive Th17 activity. Folate is required for DNA synthesis and one-carbon metabolism; it supports T-cell proliferation and may influence immune-related gene expression through DNA methylation. Zinc contributes to intracellular signaling, dendritic-cell maturation, and cytokine production. Experimental findings suggest that zinc can promote tolerogenic dendritic cells and Treg responses under some conditions. Vitamin D, folate, and zinc may contribute to the same immune balance through distinct mechanisms. However, direct clinical studies evaluating these three nutrients together remain limited. Current evidence supports biological complementarity but does not establish clinical synergy. Controlled studies that account for baseline micronutrient status and standardized doses are needed.

© 2026 ISARC Academy

Keywords: folate, Treg, Th17, vitamin D, zinc

1. INTRODUCTION

The immune system's primary function is to protect the body against harmful microorganisms. However, a strong immune response is not always beneficial. If a response persists longer than necessary, healthy tissues may be damaged. The immune system therefore continually balances defense and regulation (Zhang et al., 2021).

Two important components of this balance are Treg and Th17 cells. Both differentiate from CD4-positive T lymphocytes, but they have different functions. Treg cells act as a brake on immune responses. They limit excessive inflammation, regulate other immune cells, and help prevent responses against the body's own structures. This property is known as immune tolerance (Bettelli et al., 2006; Zhang et al., 2021).

Th17 cells represent a more activating arm of host defense. They produce several cytokines, particularly IL-17, and help recruit neutrophils to sites of infection. This response is useful against extracellular bacteria and some fungi. However, excessive or persistent Th17 activity may contribute to tissue damage, chronic inflammation, and autoimmune disease (Bettelli et al., 2006; Lee, 2018; Zhang et al., 2021).

The development of Treg and Th17 cells is not determined by cytokines alone. Cellular energy use, DNA synthesis, gene expression, and mineral balance also contribute. Vitamin D may modulate T-cell responses through VDR; folate may support the maintenance of Treg cells; and zinc plays a role in signaling within immune cells (Gombart et al., 2020; Kunisawa et al., 2012; Martens et al., 2020; Wessels et al., 2017). These nutrients do not perform the same function, but they may affect different stages of immune regulation.

This review aims to describe the mechanisms through which vitamin D, folate, and zinc may relate to the Treg/Th17 balance and to assess the scope and limitations of the available evidence.

2. RESEARCH AND FINDINGS

2.1. LITERATURE SEARCH METHOD

This study was prepared as a narrative review. PubMed and Google Scholar were searched using terms including vitamin D, folate, folic acid, zinc, Treg, Th17, immune tolerance, one-carbon metabolism, and epigenetics.

Foundational experimental studies, human studies, and recent reviews directly relevant to the topic were assessed. Cell-culture and animal findings were used to explain potential mechanisms, while recognizing that they do not necessarily establish the same clinical effects in humans. Because studies examining all three micronutrients together are limited, the evidence for each was evaluated separately and interpreted within a shared biological framework.

2.2. WHY THE TREG/TH17 BALANCE MATTERS

Treg and Th17 cells can develop from the same precursor cell. Their differentiation depends on the cytokines and intracellular signals in their surrounding environment. The transcription factor FoxP3 is a key regulator of Treg cells, whereas RORγt and STAT3 are important regulators of Th17 development.

Treg cells produce regulatory cytokines such as IL-10 and TGF-β and limit excessive activation of other immune cells. Th17 cells produce IL-17 and IL-22. These cytokines can be beneficial during infection, but excessive production may sustain inflammation. The aim for healthy immunity is not to suppress Th17 cells completely, but to maintain Treg and Th17 responses at levels appropriate to the physiological need.

© 2026 ISARC Academy

An imbalance in Treg/Th17 responses has been associated with rheumatoid arthritis, multiple sclerosis, inflammatory bowel disease, and some thyroid disorders. This imbalance is not the sole cause of these diseases. Genetic background, infections, the gut microbiota, hormones, and nutritional status may also contribute.

2.3. EFFECTS OF VITAMIN D ON THE TREG/TH17 BALANCE

The active form of vitamin D, 1,25-dihydroxyvitamin D, binds to the vitamin D receptor. This receptor is present in dendritic cells, macrophages, T cells, and B cells. VDR activation can alter the expression of many immune-related genes (Aranow, 2011; Prietl et al., 2013).

Vitamin D may limit excessive dendritic-cell maturation and the production of strong stimulatory signals. This may reduce the tendency of the cellular environment to continuously drive T cells toward inflammation. Vitamin D may also support the development of FoxP3-positive Treg cells and IL-10 production. In contrast, IL-17 production and Th17 polarization may decrease (Martens et al., 2020).

These findings suggest that vitamin D modulates immune responses rather than simply boosting immunity. Its role is not to stop all inflammatory responses. It may help limit unnecessary tissue damage while preserving defense against infection.

Low vitamin D status has been associated with many inflammatory and autoimmune diseases. However, an association does not show that deficiency is the sole cause of a disease. Findings from supplementation studies also vary according to baseline vitamin D status, dose, duration of use, and disease characteristics.

2.4. METABOLIC AND EPIGENETIC ROLES OF FOLATE

Folate is a B-group vitamin, whereas folic acid is the synthetic form used in supplements and fortified foods. One of folate's main functions is to support DNA synthesis. Immune cells proliferate rapidly after encountering an antigen; therefore, adequate folate is important for T-cell proliferation and survival (Dhur et al., 1991).

Folate is also part of one-carbon metabolism, a pathway that transfers one-carbon units, including methyl groups. When methyl groups are added to DNA, the expression of some genes may change; this process is called DNA methylation. Thus, folate may influence the regulation of immune-related genes as well as the synthesis of new DNA.

Treg cells need stable FoxP3 gene expression to maintain their identity. Epigenetic marks in the FoxP3 region affect Treg-cell stability. Folate metabolism may contribute methyl groups required for these marks, providing a biological link between folate status and Treg function. However, this relationship has not yet been fully characterized in humans.

Folate deficiency may impair lymphocyte proliferation and cell-mediated immunity. However, it cannot be assumed that taking more folic acid will provide additional immune benefits. High folic acid intake may mask some signs of vitamin B12 deficiency. Folate supplementation should therefore be considered in light of vitamin B12 status (Selhub & Rosenberg, 2016).

2.5. EFFECTS OF ZINC ON THE TREG/TH17 BALANCE

Zinc is an essential trace element required for the function of many enzymes and proteins. Immune-cell development, intracellular signaling, antioxidant defense, and cytokine production are influenced by zinc status. Intracellular zinc levels are controlled by transporters known as ZIP and ZnT proteins (Wessels et al., 2017).

Zinc can alter the signals that dendritic cells deliver to T cells. One experimental study reported that zinc reduced the expression of the stimulatory marker MHC-II on dendritic cells and increased

© 2026 ISARC Academy

tolerance-associated markers such as PD-L1, PD-L2, and IDO. In the same study, Treg cells increased while Th17 cells decreased (George et al., 2016).

Zinc may also affect Th17 development and FoxP3 stability through signaling pathways such as STAT3 and SIRT1. In a cell-culture study examining vitamin D and zinc together, the combination supported Treg-cell development and reduced interferon-gamma production (Schmitt et al., 2022). Although informative, cell-culture findings should not be interpreted directly as clinical treatment recommendations.

The effects of zinc depend on dose. Deficiency can impair immunity, whereas excessive zinc can also suppress immune-cell function and cause copper deficiency. Therefore, more zinc should not be assumed to produce stronger immune function.

2.6. AN INTEGRATED MODEL FOR THE THREE NUTRIENTS

Vitamin D, folate, and zinc may affect the Treg/Th17 balance through different mechanisms. Vitamin D regulates gene expression and communication among immune cells. Folate supplies building blocks for DNA synthesis and methyl groups required for epigenetic regulation. Zinc contributes to enzyme function, intracellular signaling, and the behavior of dendritic cells.

These distinct roles may complement one another. Treg-cell development requires an appropriate cytokine environment, adequate cell proliferation, and maintenance of FoxP3 expression. Vitamin D and zinc may help create a more tolerogenic cellular environment, while folate may support the metabolic conditions required for cell proliferation and the maintenance of gene regulation.

However, sufficient clinical evidence is not yet available to show that administering all three nutrients together reliably improves the Treg/Th17 balance in humans. The current model is based largely on combining findings from separate studies. Therefore, it should be regarded as a biological possibility that merits investigation, rather than as an established treatment effect.

Table 1. Potential roles of vitamin D, folate, and zinc in the Treg/Th17 balance

Component	Main function	Potential Treg-related effect	Potential Th17-related effect
Vitamin D	VDR-mediated gene regulation	Support for FoxP3 and regulatory responses	Limitation of IL-17 and excessive inflammatory polarization
Folate	DNA synthesis and provision of methyl groups	Support for T-cell proliferation and epigenetic stability	Indirect modulation of the metabolic and epigenetic environment
Zinc	Enzyme function and intracellular signaling	Support for tolerogenic dendritic cells and Treg responses	Regulation of STAT3 and inflammatory signaling

2.7. RECOMMENDATIONS FOR CLINICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCH

Future studies should record not only supplement doses but also baseline levels of vitamin D, folate, vitamin B12, zinc, and copper. The effects of supplementation may differ in individuals who are not deficient at baseline.

Studies should assess not only the numbers of Treg and Th17 cells but also their function. FoxP3, RORγt, IL-10, IL-17, STAT3, and relevant epigenetic marks could be examined together. A three-nutrient combination should be compared with each nutrient alone and with paired combinations.

© 2026 ISARC Academy

Animal models could be used to study immune changes associated with autoimmune disease, chronic inflammation, and toxicant exposure. Dose selection should account for species differences, toxicity, and interactions among micronutrients.

3. CONCLUSION

The Treg/Th17 balance is important for regulating immune responses and maintaining immune tolerance. Vitamin D may affect gene expression and tolerogenic responses in immune cells; folate may influence cell proliferation and epigenetic processes; and zinc may affect intracellular signaling and dendritic-cell function. These mechanisms suggest that the three nutrients may contribute to immune balance at different stages.

However, sufficient clinical evidence is not available to show that using these nutrients together improves the Treg/Th17 balance in humans. Current findings provide a rationale for further biological research, but they do not establish clinical synergy or justify supplementation recommendations. Future studies should consider baseline micronutrient status and compare single, paired, and combined interventions under controlled conditions.

REFERENCES

Aranow, C. (2011). Vitamin D and the immune system. *Journal of Investigative Medicine, 59*(6), 881–886. https://doi.org/10.2310/JIM.0b013e31821b8755

Bettelli, E., Carrier, Y., Gao, W., Korn, T., Strom, T. B., Oukka, M., Weiner, H. L., & Kuchroo, V. K. (2006). Reciprocal developmental pathways for the generation of pathogenic effector TH17 and regulatory T cells. *Nature, 441*(7090), 235–238. https://doi.org/10.1038/nature04753

Dhur, A., Galan, P., & Hercberg, S. (1991). Folate status and the immune system. *Progress in Food & Nutrition Science, 15*(1–2), 43–60.

George, M. M., Vignesh, K. S., Landero Figueroa, J. A., Caruso, J. A., & Deepe, G. S., Jr. (2016). Zinc induces dendritic cell tolerogenic phenotype and skews regulatory T cell–Th17 balance. *The Journal of Immunology, 197*(5), 1864–1876. https://doi.org/10.4049/jimmunol.1600410

Gombart, A. F., Pierre, A., & Maggini, S. (2020). A review of micronutrients and the immune system—working in harmony to reduce the risk of infection. *Nutrients, 12*(1), 236. https://doi.org/10.3390/nu12010236

Kunisawa, J., Hashimoto, E., Ishikawa, I., & Kiyono, H. (2012). A pivotal role of vitamin B9 in the maintenance of regulatory T cells in vitro and in vivo. *PLoS ONE, 7*(2), e32094. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032094

Lee, G. R. (2018). The balance of Th17 versus Treg cells in autoimmunity. *International Journal of Molecular Sciences, 19*(3), 730. https://doi.org/10.3390/ijms19030730

Martens, P. J., Gysemans, C., Verstuyf, A., & Mathieu, C. (2020). Vitamin D's effect on immune function. *Nutrients, 12*(5), 1248. https://doi.org/10.3390/nu12051248

Prietl, B., Treiber, G., Pieber, T. R., & Amrein, K. (2013). Vitamin D and immune function. *Nutrients, 5*(7), 2502–2521. https://doi.org/10.3390/nu5072502

Schmitt, A. K., Puppa, M. A., Wessels, I., & Rink, L. (2022). Vitamin D3 and zinc synergistically induce regulatory T cells and suppress interferon-γ production in mixed lymphocyte culture. *Journal of Nutritional Biochemistry, 102*, 108942. https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2022.108942

Selhub, J., & Rosenberg, I. H. (2016). Excessive folic acid intake and relation to adverse health outcome. *Biochimie, 126*, 71–78. https://doi.org/10.1016/j.biochi.2016.04.010

Wessels, I., Maywald, M., & Rink, L. (2017). Zinc as a gatekeeper of immune function. *Nutrients, 9*(12), 1286. https://doi.org/10.3390/nu9121286

© 2026 ISARC Academy

Zhang, W., Liu, X., Zhu, Y., Liu, X., Gu, Y., Dai, X., & Li, B. (2021). Transcriptional and posttranslational regulation of Th17/Treg balance in health and disease. *European Journal of Immunology, 51*(9), 2137–2150. https://doi.org/10.1002/eji.202048794

TRANS-MİTOFAJİDEN METABOLİK YENİDEN PROGRAMLANMAYA: MİTOKONDRİ TRANSFERİ SONRASI HÜCRE KADERİ

Asst. Prof. Merve BOLAT[1]

[1] Ataturk University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Physiology, Erzurum, Türkiye

[1] ORCID ID: https://orcid.org/0009-0009-8694-2181

Dr. Furkan AYKURT[2]

[2] Ataturk University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Physiology, Erzurum, Türkiye

2 ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3115-3969

Prof. Dr. Fikret ÇELEBİ[3]

[3] Ataturk University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Physiology, Erzurum, Türkiye

[3] ORCID ID: https://orcid.org/ 0000-0002-6196-2196

ÖZET

Hücreler arası mitokondri transferi, çoğunlukla hasarlı hücrelere enerji sağlayan bir kurtarma mekanizması olarak ele alınmaktadır. Ancak bir mitokondrinin alıcı hücreye ulaşması, onun hücrenin mitokondri ağına katıldığını ya da hücreye yarar sağladığını tek başına göstermez. Bu derleme, mitokondri transferi sonrasında ortaya çıkabilecek hücresel sonuçları karşılaştırmakta ve transferin hücresel kalite kontrolü, metabolik sinyal iletimi veya hastalığa uyum süreçlerine hangi koşullarda katkıda bulunabileceğini değerlendirmektedir. Özellikle 2026 yılında yayımlanan üç çalışma ele alınmıştır: protein importunun bozulduğu koşullarda aktarılan organellerin mitofajiye veya mitokondriyal yıkım cisimciklerine yönelmesini inceleyen çalışma; glioblastom–astrosit etkileşiminde hasarlı mitokondrilerin astrositlere aktarımıyla mitofaji arasındaki ilişkiyi ve ters yöndeki transferin tümör metabolizmasıyla bağlantısını araştıran çalışma; astrosit mitokondrilerindeki SHMT2'nin sessiz durumdaki glioblastom hücrelerini metabolik ve epitranskriptomik açıdan yeniden etkinleştirebildiğini bildiren çalışma. Bulgular, transferin kendi başına bir sonuç değil, hücreler arası kalite kontrol ve sinyal ağlarına girdi oluşturduğunu düşündürmektedir. Bir bağlamda komşu hücre hasarlı organeli ortadan kaldırırken, başka bir bağlamda aktarılan mitokondriler tümör hücrelerine çoğalma ve bağışıklıktan kaçış avantajı sağlayabilir. Bu nedenle temel soru yalnızca "Mitokondri transferi gerçekleşti mi?" değil; "Hangi mitokondri hangi hücreden hangi hücreye geçti, organelin durumu nasıldı ve alıcı hücrede hangi işlevsel değişikliği başlattı?" olmalıdır. Bu çerçevenin in vivo çalışmalar ve insan dokularında sınanması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: astrosit; glioblastom; mitokondri; SHMT2; trans-mitofaji; tümör mikroçevresi

FROM TRANS-MITOPHAGY TO METABOLIC REPROGRAMMING: CELL FATE AFTER MITOCHONDRIAL TRANSFER

ABSTRACT

Intercellular mitochondrial transfer is often presented as a rescue mechanism that provides energy support to damaged cells. However, the arrival of a mitochondrion in a recipient cell does not necessarily mean that the organelle has joined the mitochondrial network or benefited that cell. This narrative review compares the cellular outcomes that can follow mitochondrial transfer and evaluates the conditions

© 2026 ISARC Academy

under which transfer may contribute to cellular quality control, metabolic signaling, or disease adaptation. Particular attention is given to three primary studies published in 2026: one reporting that transferred organelles are directed toward mitophagy or mitochondrial degradation bodies under conditions of defective protein import; one examining the association of damaged-mitochondrial transfer with mitophagy in recipient astrocytes, and transfer in the opposite direction with tumor metabolism, in glioblastoma–astrocyte interactions; and one showing that SHMT2 in astrocyte mitochondria can metabolically and epitranscriptomically reactivate quiescent glioblastoma cells. Together, these findings suggest that transfer is not an outcome in itself, but an input into intercellular quality-control and signaling networks. In one context, a neighboring cell clears a damaged organelle; in another, transferred mitochondria may give tumor cells a proliferative and immune-evasion advantage. The central question should therefore be not simply "Did mitochondrial transfer occur?" but "Which mitochondrion moved from which cell to which cell, what was its quality, and what functional change did it trigger in the recipient?" This framework needs to be tested in in vivo studies and human tissues.

Keywords: astrocyte; glioblastoma; mitochondria; SHMT2; trans-mitophagy; tumor microenvironment

1. INTRODUCTION

In addition to producing ATP, mitochondria contribute to redox balance, calcium signaling, the generation of metabolic intermediates, and the regulation of cell death; their effects therefore cannot be explained by energy production alone (Borcherding & Brestoff, 2023; Monzel et al., 2023). The maintenance of mitochondrial function depends on the coordinated activity of organelle biogenesis, the balance between fusion and fission, and mitophagy (Pickles et al., 2018). Mitophagy removes damaged or dysfunctional mitochondria through the autophagy–lysosome system. In the classical model of intracellular quality control, organelle recognition and degradation occur within the same cell. The concept of trans-mitophagy extends this model: a cell may transfer a damaged mitochondrion to a neighboring cell, where its degradation can be completed (Davis et al., 2014; Li et al., 2024).

Early studies of intercellular mitochondrial transfer showed that functional mitochondria can rescue recipient cells with impaired respiratory capacity (Spees et al., 2006). Later studies examined the physiological consequences of this phenomenon in tissue-injury models, including lung injury, and reported that transport regulators such as Miro1 can affect transfer efficiency (Ahmad et al., 2014; Islam et al., 2012). Nevertheless, viewing transfer solely as a one-way rescue mechanism that supplies energy to recipient cells is incomplete. Current perspectives emphasize that transfer may contribute to mitochondrial quality control in donor cells and to tissue homeostasis, while its outcome can vary with cell type and physiological or pathological context (Borcherding & Brestoff, 2023; Brestoff et al., 2025; Li et al., 2024).

Mitochondria that reach a recipient cell do not always merge with its endogenous network. Some may remain as a separate population, be directed to lysosomal compartments, or alter cellular signaling responses. Accordingly, current recommendations advise against basing claims of transfer on fluorescence alone; mitochondrial identity, movement from donor to recipient, and functional outcomes in the recipient should be verified using distinct measures (Brestoff et al., 2025). In glioblastoma models, mitochondria transferred from astrocytes to tumor cells may be associated with the metabolic state of the tumor cells. More recent studies have also reported bidirectional tumor–astrocyte exchange linked to mitochondrial quality and mitophagy (Saenz-de-Santa-Maria et al., 2026; Zhu et al., 2026).

This paper discusses why intercellular mitochondrial transfer can lead to different, and sometimes opposing, outcomes across contexts by focusing on the fate of mitochondria after transfer. The central question is: "Is a transferred mitochondrion a burden to be cleared by the recipient cell, a source of functional support, or a signal that reprograms the cell's behavior?" Our main argument is that these possibilities are not mutually exclusive; outcomes depend on mitochondrial quality, the donor–recipient cell pair, and the recipient cell's stress and metabolic state. Accordingly, this paper focuses on post-

© 2026 ISARC Academy

transfer organelle fate and physiological outcomes rather than repeating descriptions of transfer pathways.

2. RESEARCH AND FINDINGS

2.1. SCOPE AND APPROACH OF THE REVIEW

This is a narrative review and was not designed as a systematic review or meta-analysis. The discussion focuses on the in vivo study that described trans-mitophagy (Davis et al., 2014), the study examining transfer-mediated rescue under conditions of mitochondrial protein-import dysfunction (Needs et al., 2024), and three primary studies published in 2026 (Glover et al., 2026; Saenz-de-Santa-Maria et al., 2026; Zhu et al., 2026). The studies were compared with respect to donor and recipient cell types, the quality of the transferred organelle, its eventual fate in the recipient, and the functional outcomes measured. This approach aims to distinguish evidence that demonstrates transfer from evidence that establishes its physiological consequences.

2.2. THREE POSSIBLE CELLULAR OUTCOMES AFTER TRANSFER

Current evidence suggests at least three possible outcomes for mitochondria that enter a recipient cell. First, the organelle may join the functional mitochondrial network and contribute to energy production (Spees et al., 2006; Islam et al., 2012; Needs et al., 2024). Second, the transferred mitochondrion or its components may be recognized and degraded by the recipient cell's autophagy–lysosome system (Davis et al., 2014; Glover et al., 2026). Third, the organelle may be retained temporarily in the recipient cell and alter metabolic or signaling responses; this effect may not require the mitochondrion to persist for a long time or fuse with the network (Saenz-de-Santa-Maria et al., 2026; Zhu et al., 2026). This distinction is conceptually important: observing a fluorescent signal inside a recipient cell is not, by itself, evidence of functional integration or cellular rescue (Brestoff et al., 2025).

2.3. FUNCTIONAL OUTCOMES OF TRANSFER IN DIFFERENT CELLULAR ENVIRONMENTS

The outcome of mitochondrial transfer can vary with the donor–recipient cell pair and disease context. Functional mitochondria have been shown to restore oxidative respiration in cells with impaired respiration, and transfer from stromal cells to lung epithelial cells has been associated with a protective response in a lung-injury model (Spees et al., 2006; Islam et al., 2012). By contrast, the same type of metabolic support may favor disease in the tumor microenvironment. Mitochondrial transfer from endothelial cells to cancer cells through tunneling nanotubes has been associated with chemoresistance, while transfer from bone-marrow stromal cells to acute myeloid leukemia cells during chemotherapy has been reported to contribute to a survival advantage in leukemic cells (Pasquier et al., 2013; Moschoi et al., 2016). In glioblastoma, astrocyte-derived mitochondrial uptake has been associated with oxidative respiration and tumor-forming capacity in tumor cells (Watson et al., 2023). In addition, acquisition of host-derived mitochondrial DNA (mtDNA) has been shown to restore respiratory function and tumor-forming capacity in tumor models depleted of mtDNA. This finding supports mtDNA transfer but should not, by itself, be interpreted as proof that an entire mitochondrion was transferred (Tan et al., 2015).

One of the first in vivo examples comes from the axon–astrocyte relationship at the mouse optic nerve head. Davis et al. (2014) reported that mitochondrial material originating from retinal ganglion cell axons was present in surrounding astrocytes and showed features consistent with lysosomal degradation. This study provided one of the key tissue-level lines of evidence for trans-mitophagy. In this model, astrocytes may be viewed not only as cells that provide metabolic support to neurons, but also as neighbors that contribute to the maintenance of neuronal mitochondrial quality. However, this finding comes from a specific anatomical region and does not show that the same pathway predominates in all neurons.

© 2026 ISARC Academy

2.4. 2026 FINDING I: THE FATE OF TRANSFERRED MITOCHONDRIA AND MDBs

Glover et al. (2026) addressed a key gap in earlier studies of mitochondrial transfer: where does a donor-derived organelle go after transfer, and how does it affect the recipient cell? The researchers tracked bidirectional transfer by co-culturing cells with defective mitochondrial protein import with cells in which import was intact. HeLa cells maintained under galactose conditions, which increase reliance on oxidative phosphorylation, were used in the main experiments. Mitochondria released from cells with import defects appeared fragmented and were directed toward lysosomal degradation. These results support the idea that releasing a defective organelle from one cell does not complete its clearance; degradation may continue in a neighboring cell.

A second notable finding was that some mitochondria transferred from cells with intact import into stressed cells accumulated in membrane-bound structures in the recipient, termed “mitochondrial degradation bodies” (MDBs). This finding shows that incoming organelles do not necessarily merge with the recipient’s mitochondrial network. The authors proposed that conventional mitophagy and MDB-associated non-canonical degradation may together contribute to mitochondrial renewal and rescue. However, rescue is an interpretation proposed by the authors; it has not yet been demonstrated that MDB formation necessarily rescues cells across different tissues. The study’s key contribution is to distinguish the observation “mitochondria arrived” from the conclusion “mitochondrial function improved.”

2.5. 2026 FINDING II: ASTROCYTE MITOCHONDRIA MAY ALTER THE TUMOR METABOLIC PROGRAM

Zhu et al. (2026) presented a model in which the effects of intercellular mitochondrial transfer extend beyond the energy status of tumor cells. They reported that mitochondria obtained from reactive astrocytes supported the reactivation of quiescent glioblastoma cells and a metabolic program associated with immune evasion. A key mechanism involved SHMT2, a one-carbon metabolism enzyme found at high levels in the transferred mitochondria. The authors reported that SHMT2 activity derived from these mitochondria increased S-adenosylmethionine (SAM) production, which was in turn associated with m^6A RNA methylation and renewed progression of RNA polymerase II paused at selected genes. The resulting activation of gene programs related to ribosome biogenesis and focal adhesion was linked to tumor-cell proliferation and escape from immune suppression.

The study did not rely solely on measurements of mitochondrial function. It also reported that eliminating the Shmt2 gene in astrocytes or pharmacologically inhibiting transfer suppressed tumor-cell reactivation and tumor progression. This turns the general statement “mitochondrial transfer rescues cells” into a more precise question: which cell is rescued, and does this rescue benefit the tissue? A metabolic contribution that may support cells after neuronal injury could help quiescent tumor cells resume proliferation and evade immune responses in the tumor microenvironment. This study is a timely example showing that the biological value of metabolic rescue depends on the identity of the recipient cell.

2.6. 2026 FINDING III: BIDIRECTIONAL EXCHANGE BETWEEN TUMOR CELLS AND ASTROCYTES

Saenz-de-Santa-Maria et al. (2026) examined bidirectional mitochondrial transfer between glioblastoma cells and non-tumor astrocytes. In cell models, damaged mitochondria transferred from glioblastoma cells to astrocytes were associated with mitophagy activation in recipient astrocytes. In the opposite direction, mitochondria transferred from astrocytes to tumor cells were associated with changes in mitochondrial activity and metabolic measurements. Expression of genes related to metabolic pathways also increased in recipient glioblastoma cells. These findings raise the possibility that, within the same cell pair, damaged organelles may be cleared while tumor cells receive metabolic support.

© 2026 ISARC Academy

A second aspect that makes this study timely is its use of intravital subcellular microscopy in living animals to show tunneling nanotube-like connections in the tumor microenvironment and images consistent with mitochondrial transfer. However, this in vivo imaging component did not use the same model as the glioblastoma–astrocyte co-culture experiments; it provided evidence supporting transfer from the host microenvironment to tumor cells in a head and neck squamous cell carcinoma model. The findings should therefore not be expanded into a claim that "in vivo trans-mitophagy has been demonstrated in glioblastoma." The stronger inference is that mitochondrial trafficking in the tumor microenvironment is not limited to cell culture and can also be investigated under living-tissue conditions.

Table 1. Comparative summary of recent studies

Study	**Key finding**	**Interpretation and evidence limits**
Glover et al. (2026), protein-import stress	Defective mitochondria are transferred to neighboring cells and directed toward lysosomal degradation; some incoming mitochondria accumulate in MDBs.	Shows post-transfer fate. Evidence is mainly from cell culture; a general rescue function remains a hypothesis.
Saenz-de-Santa-Maria et al. (2026), astrocyte–tumor interaction	Transfer of damaged organelles from tumor cells to astrocytes is associated with astrocyte mitophagy; transfer from astrocytes to tumor cells is associated with metabolic changes.	In vivo TNT/transfer observations came from a separate HNSCC model; GBM–astrocyte findings are mainly from cell models.
Zhu et al. (2026), astrocyte–glioblastoma shuttle	SHMT2 in astrocyte mitochondria is associated with SAM/m^{6}A-linked metabolic reprogramming and reactivation of tumor cells.	Transfer may carry signaling or metabolic cargo in addition to energy support; the mechanism should be evaluated in its specific context and model.

2.7. INTEGRATIVE INTERPRETATION: RESCUE OR QUALITY CONTROL?

Taken together, the three recent studies do not support defining mitochondrial transfer as a uniformly "good" or "bad" mechanism. Glover et al. (2026) draw attention to mitochondrial degradation in recipient cells and its possible functional or signaling consequences. Saenz-de-Santa-Maria et al. (2026) suggest that, within the same tumor–astrocyte relationship, damaged mitochondria may be cleared by astrocytes while astrocyte-derived mitochondria alter tumor metabolism. Zhu et al. (2026) propose that a mitochondria-derived metabolic enzyme can affect RNA regulation and cell-cycle-related programs in recipient tumor cells. The common point is that cellular outcomes depend more on organelle quality and the recipient's response than on the mere presence of transfer.

Trans-mitophagy and cellular rescue are therefore not necessarily opposing processes. One cell may rid itself of a damaged organelle while a neighboring cell clears it; in the same tissue, mitochondria transferred in the opposite direction may provide metabolic support to another recipient. Yet support that is beneficial in one setting may promote disease progression when the recipient is a tumor cell. The central point of interest in this paper is that intercellular mitochondrial trafficking may be more than an "energy exchange": it may be a form of communication through which organelle quality, degradation burden, and metabolic instructions move between cells. This proposal is a synthesis of current findings; it does not mean that all three functions occur together in every transfer event.

© 2026 ISARC Academy

2.8. LIMITATIONS OF THE EVIDENCE AND NEXT STEPS

A substantial proportion of current findings comes from co-culture, cell-line, and controlled-stress models. HeLa cells grown under galactose conditions and glioblastoma cell lines are useful for measuring organelle movement and metabolic changes, but they do not fully represent the heterogeneous brain-tumor microenvironment, the immune system, or physiological metabolic conditions. Intravital imaging, in contrast, makes it possible to examine cellular connections in living tissue; nevertheless, it cannot by itself explain the long-term effects of organelle transfer on cell fate. In particular, in vivo findings from head and neck tumors should not be conflated with findings from glioblastoma.

A second important limitation is that "mitochondrial transfer" is not defined using the same experimental criteria across studies. Fluorescent labels, organelle proteins, or dyes may move between cells. Therefore, whenever possible, transfer should be verified using donor-specific mtDNA variants or genetic barcodes, live-cell imaging, electron microscopy, and lysosomal tracking. The membrane potential, oxygen consumption, and ATP production of transferred mitochondria should also be measured. This would help distinguish whether changes in the recipient arise from genuine organelle integration, a transient stress signal, or transferred metabolic cargo such as SHMT2.

A useful next step would be to measure three outcomes in the same experiment rather than simply increasing or decreasing transfer: (i) confirm that mitochondria leave the donor cell and reach the recipient; (ii) determine their eventual fate in the recipient, such as integration, MDB/mitophagy, or persistent retention; and (iii) measure bioenergetic, transcriptional, and survival responses separately in donor and recipient cells. Such a design could reveal whether rescuing one cell imposes a degradation burden on a neighbor or gives a tumor a selective advantage. Human-derived tumor–astrocyte systems and appropriate in vivo models are needed to test the tissue-level relevance of these questions.

3. CONCLUSION

This paper aimed to evaluate the outcomes of intercellular mitochondrial transfer by focusing on the fate of organelles after they are transferred. Current evidence suggests that transferred mitochondria may have three distinct outcomes in recipient cells: they may join the mitochondrial network and provide functional support, be degraded through mitophagy or trans-mitophagy, or alter the recipient cell's metabolic and gene-regulatory responses. Studies published in 2026 indicate that these outcomes may diverge even within the same tumor microenvironment: astrocytes may clear damaged tumor mitochondria, while astrocyte-derived mitochondria may support tumor-cell metabolism and reactivation.

The key conclusion is that mitochondrial transfer cannot be adequately described as "cellular rescue" alone. Transfer may reduce the organelle burden in a donor cell, initiate quality control in a recipient, or carry a metabolic signal that changes the recipient's behavior. The true physiological effect depends not only on which cell transfers mitochondria to which other cell, but also on what happens after transfer and which cell benefits. The main message of this congress presentation can be summarized as follows: the central question in mitochondrial transfer is not "which cell gave an organelle to which?" but "whose fate changed after the transfer?"

REFERENCES

Ahmad, T., Mukherjee, S., Pattnaik, B., Kumar, M., Singh, S., Kumar, M., Rehman, R., Tiwari, B. K., Jha, K. A., Barhanpurkar, A. P., Wani, M. R., Roy, S. S., Mabalirajan, U., Ghosh, B., & Agrawal, A. (2014). Miro1 regulates intercellular mitochondrial transport and enhances mesenchymal stem cell rescue efficacy. *The EMBO Journal*, *33*(9), 994–1010. https://doi.org/10.1002/embj.201386030

Borcherding, N., & Brestoff, J. R. (2023). The power and potential of mitochondria transfer. *Nature*, *623*(7986), 283–291. https://doi.org/10.1038/s41586-023-06537-z

© 2026 ISARC Academy

Brestoff, J. R., Singh, K. K., Aquilano, K., Becker, L. B., Berridge, M. V., Boilard, E., Caicedo, A., Crewe, C., Enríquez, J. A., Gao, J., Gustafsson, Å. B., Hayakawa, K., Khoury, M., Lee, Y.-S., Lettieri-Barbato, D., Luz-Crawford, P., McBride, H. M., McCully, J. D., Nakai, R., … Zheng, M. (2025). Recommendations for mitochondria transfer and transplantation nomenclature and characterization. *Nature Metabolism, 7*(1), 53–67. https://doi.org/10.1038/s42255-024-01200-x

Davis, C. H. O., Kim, K. Y., Bushong, E. A., Mills, E. A., Boassa, D., Shih, T., Kinebuchi, M., Phan, S., Zhou, Y., Bihlmeyer, N. A., Nguyen, J. V., Jin, Y., Ellisman, M. H., & Marsh-Armstrong, N. (2014). Transcellular degradation of axonal mitochondria. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(26), 9633–9638. https://doi.org/10.1073/pnas.1404651111

Glover, E., Wiseman, B., Dugdale, C., Humphery, C., Sueiro Ballesteros, L., Hodgson, L., Wilkinson, K., & Collinson, I. (2026). Intercellular mitochondrial transfer and trans-mitophagy in response to protein import dysfunction. *Journal of Cell Biology, 225*(9), Article e202511211. https://doi.org/10.1083/jcb.202511211

Islam, M. N., Das, S. R., Emin, M. T., Wei, M., Sun, L., Westphalen, K., Rowlands, D. J., Quadri, S. K., Bhattacharya, S., & Bhattacharya, J. (2012). Mitochondrial transfer from bone-marrow-derived stromal cells to pulmonary alveoli protects against acute lung injury. *Nature Medicine, 18*(5), 759–765. https://doi.org/10.1038/nm.2736

Li, H., Sun, W., Gong, W., & Han, Y. (2024). Transfer and fates of damaged mitochondria: role in health and disease. *The FEBS Journal, 291*(24), 5342–5364. https://doi.org/10.1111/febs.17119

Monzel, A. S., Enríquez, J. A., & Picard, M. (2023). Multifaceted mitochondria: moving mitochondrial science beyond function and dysfunction. *Nature Metabolism, 5*(4), 546–562. https://doi.org/10.1038/s42255-023-00783-1

Moschoi, R., Imbert, V., Nebout, M., Chiche, J., Mary, D., Prebet, T., Saland, E., Castellano, R., Pouyet, L., Collette, Y., Vey, N., Chabannon, C., Recher, C., Sarry, J.-E., Alcor, D., Peyron, J.-F., & Griessinger, E. (2016). Protective mitochondrial transfer from bone marrow stromal cells to acute myeloid leukemic cells during chemotherapy. *Blood, 128*(2), 253–264. https://doi.org/10.1182/blood-2015-07-655860

Needs, H. I., Glover, E., Pereira, G. C., Witt, A., Hübner, W., Dodding, M. P., Henley, J. M., & Collinson, I. (2024). Rescue of mitochondrial import failure by intercellular organellar transfer. *Nature Communications, 15*, Article 988. https://doi.org/10.1038/s41467-024-45283-2

Pasquier, J., Guerrouahen, B. S., Al Thawadi, H., Ghiabi, P., Maleki, M., Abu-Kaoud, N., Jacob, A., Mirshahi, M., Galas, L., Rafii, S., Le Foll, F., & Rafii, A. (2013). Preferential transfer of mitochondria from endothelial to cancer cells through tunneling nanotubes modulates chemoresistance. *Journal of Translational Medicine, 11*, Article 94. https://doi.org/10.1186/1479-5876-11-94

Pickles, S., Vigié, P., & Youle, R. J. (2018). Mitophagy and quality control mechanisms in mitochondrial maintenance. *Current Biology, 28*(4), R170–R185. https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.01.004

Saenz-de-Santa-Maria, I., Pepe, A., Tinevez, J.-Y., Brou, C., Vitrenko, Y., Cokelaer, T., Cohen-Jonathan Moyal, E., Weigert, R., & Zurzolo, C. (2026). Tunneling nanotubes regulate mitochondrial homeostasis between glioblastoma and astrocytes, and between tumor cells in vivo. *Nature Communications, 17*, Article 9788. https://doi.org/10.1038/s41467-026-76619-9

Spees, J. L., Olson, S. D., Whitney, M. J., & Prockop, D. J. (2006). Mitochondrial transfer between cells can rescue aerobic respiration. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 103*(5), 1283–1288. https://doi.org/10.1073/pnas.0510511103

© 2026 ISARC Academy

Tan, A. S., Baty, J. W., Dong, L.-F., Bezawork-Geleta, A., Endaya, B., Goodwin, J., Bajzikova, M., Kovarova, J., Peterka, M., Yan, B., Alizadeh Pesdar, E., Sobol, M., Filimonenko, A., Stuart, S., Vondrusova, M., Kluckova, K., Sachaphibulkij, K., Rohlena, J., Hozak, P., … Berridge, M. V. (2015). Mitochondrial genome acquisition restores respiratory function and tumorigenic potential of cancer cells without mitochondrial DNA. *Cell Metabolism, 21*(1), 81–94. https://doi.org/10.1016/j.cmet.2014.12.003

Watson, D. C., Bayik, D., Storevik, S., Moreino, S. S., Sprowls, S. A., Han, J., Augustsson, M. T., Lauko, A. J., Sravya, P., Røsland, G. V., Troike, K., Tronstad, K. J., Wang, S., Sarnow, K., Kay, K., Lunavat, T., Silver, D. J., Dayal, S., Joseph, J. V., … Lathia, J. D. (2023). GAP43-dependent mitochondria transfer from astrocytes enhances glioblastoma tumorigenicity. *Nature Cancer, 4*(5), 648–664. https://doi.org/10.1038/s43018-023-00556-5

Zhu, H., Wang, L., Wu, Q., Yu, Y., Yang, M., Ye, Y., Zhou, W., Wang, J., Sun, X., Wang, S., & Hu, Q. (2026). Metabolic licensing of quiescent glioblastoma activation and immune evasion via astrocyte-mitochondria shuttle. *Nature Communications, 17,* Article 10042. https://doi.org/10.1038/s41467-026-76828-2

© 2026 ISARC Academy

PROBABLE ACUTE PANCREATITIS FOLLOWING EXCESSIVE ORAL INTAKE OF A COMMERCIAL *RHOPALURUS JUNCEUS* (BLUE SCORPION) EXTRACT: A CASE REPORT

Fatih Öner Kaya

Orcid no: 0000-0002-3507-5083

Department of Internal Medicine, Maltepe University Faculty of Medicine, Training and Research Hospital, İstanbul, Türkiye

ABSTRACT

Acute pancreatitis is most commonly associated with gallstone disease and alcohol consumption; however, a proportion of cases remain unexplained after routine evaluation. The increasing use of complementary and alternative medicine products has introduced additional potential exposures that may be overlooked during clinical assessment.

We report the case of a 46-year-old woman with a history of cholecystectomy who presented with severe epigastric pain radiating to the back, accompanied by nausea and vomiting. Laboratory investigations demonstrated markedly elevated serum amylase and lipase levels, while contrast-enhanced computed tomography revealed inflammatory changes involving the pancreatic body and tail, consistent with acute pancreatitis. Common etiologies were systematically evaluated. The patient denied alcohol consumption, serum triglyceride and corrected calcium concentrations were within normal limits, and imaging findings did not suggest biliary obstruction, pancreatic malignancy, or infected necrosis.

Detailed history-taking revealed recent ingestion of a commercially available alcohol-based *Rhopalurus junceus* (blue scorpion) extract. Although the manufacturer recommended a daily dose of 15–20 drops, the patient reported consuming approximately 80 drops daily for three consecutive days. Symptoms began during this period of excessive intake. The product was discontinued, and the patient was treated conservatively with intravenous fluid replacement, analgesia, and supportive care. Clinical symptoms resolved progressively, and biochemical markers improved without local or systemic complications.

Although a causal relationship cannot be established with certainty, the close temporal association between exposure and symptom onset, clinical improvement after discontinuation, and the absence of a more convincing alternative explanation support a probable association. This report emphasizes the importance of specifically asking about complementary and alternative medicine products when evaluating patients with otherwise unexplained acute pancreatitis.

Keywords

Acute pancreatitis; *Rhopalurus junceus*; Blue scorpion venom; Complementary medicine; Toxic exposure; Case report

INTRODUCTION

Acute pancreatitis remains one of the most common gastrointestinal emergencies encountered in clinical practice and accounts for a substantial number of hospital admissions worldwide. The diagnosis is established when at least two of the following criteria are present: characteristic abdominal pain, serum amylase or lipase levels exceeding three times the upper limit of normal, and imaging findings compatible with pancreatic inflammation. Clinical severity ranges from mild self-limited disease to severe forms associated with organ failure and significant mortality. Despite advances in management, identifying the underlying cause remains a crucial component of patient evaluation because recurrence risk and long-term outcomes are strongly influenced by etiology.

© 2026 ISARC Academy

Gallstone disease and alcohol consumption account for most cases of acute pancreatitis. Other recognized causes include hypertriglyceridemia, hypercalcemia, medications, anatomical abnormalities, autoimmune disorders, infections, malignancies, and toxic exposures. Nevertheless, a subset of patients presents without an immediately identifiable explanation despite standard diagnostic workup. In these situations, careful attention to environmental, occupational, dietary, and pharmacological exposures may provide important diagnostic clues.

Over recent decades, the use of complementary and alternative medicine products has increased substantially worldwide. Many of these products are marketed as natural therapies and are often perceived as inherently safe by consumers. Consequently, patients may not volunteer information regarding their use unless specifically questioned. Furthermore, the composition of commercially available products may vary considerably according to manufacturing processes, extraction methods, solvent composition, and quality-control standards. Such variability may complicate assessment of both efficacy and safety.

Rhopalurus junceus, commonly known as the Cuban blue scorpion, has attracted attention because extracts derived from its venom have been promoted in complementary medicine, particularly among patients seeking alternative approaches to chronic diseases and malignancies. Experimental studies have explored potential cytotoxic and antitumor properties of venom-derived compounds; however, robust human safety data remain limited. While pancreatic involvement following direct scorpion envenomation has been described in both experimental and clinical settings, little information exists regarding pancreatic adverse events associated with orally administered commercial *Rhopalurus junceus* preparations.

We describe a patient who developed acute pancreatitis shortly after consuming a markedly higher-than-recommended dose of a commercial *Rhopalurus junceus* extract. The case highlights the importance of detailed exposure history-taking and raises awareness regarding a potential adverse effect of a widely promoted complementary medicine product.

CASE PRESENTATION

Initial Presentation

A 46-year-old woman presented to the emergency department with severe epigastric pain that had begun abruptly approximately 12 hours before admission. The pain radiated to the back, was constant in nature, and was associated with nausea and two episodes of non-bilious vomiting. She described the pain as markedly more intense than any previous gastrointestinal discomfort she had experienced. No history of recent trauma, fever, diarrhea, or gastrointestinal bleeding was reported.

The patient had no known chronic medical conditions and was not receiving any regular prescription medication. She denied alcohol consumption, smoking, and recreational drug use. Her surgical history was notable only for laparoscopic cholecystectomy performed several years earlier because of chronic calculous cholecystitis. During the medical interview, she also reported an unintentional weight loss of approximately 6 kg over the preceding six months, which had prompted her to seek alternative health products. There was no known family history of pancreatic disease, hereditary pancreatitis, pancreatic malignancy, or endocrine disorders.

On arrival, the patient appeared uncomfortable because of abdominal pain but was alert and fully oriented. Blood pressure was 115/75 mmHg, heart rate 102 beats per minute, respiratory rate 18 breaths per minute, body temperature 37.2°C, and oxygen saturation 97% while breathing ambient air. Physical examination revealed marked tenderness localized to the epigastric region without guarding or rebound tenderness. Murphy's sign was negative. Bowel sounds were present but hypoactive. Cardiovascular, respiratory, and neurological examinations were otherwise unremarkable.

© 2026 ISARC Academy

Laboratory Evaluation

Initial laboratory investigations demonstrated significant pancreatic enzyme elevation. Serum amylase was 872 U/L and serum lipase was 1456 U/L, both substantially exceeding the upper limit of normal. C-reactive protein was elevated at 70 mg/L, whereas procalcitonin measured 0.28 ng/mL. Hemoglobin was 13.0 g/dL, hematocrit 38.1%, and white blood cell count 6.14 × 10^3/µL.

Renal function tests were within normal limits. Liver biochemistry showed aspartate aminotransferase 32 U/L, alanine aminotransferase 22 U/L, and gamma-glutamyl transferase 56 U/L. No biochemical evidence of biliary obstruction was present. Serum triglyceride concentration was 120 mg/dL, excluding hypertriglyceridemia as a likely etiology. Corrected serum calcium was 9.0 mg/dL, making hypercalcemia-associated pancreatitis unlikely.

Additional laboratory findings are summarized in Table 1.

Radiological Assessment

Contrast-enhanced abdominal computed tomography (CT) was performed shortly after admission. Imaging demonstrated inflammatory changes involving the peripancreatic fat, most prominently around the pancreatic body and tail. Mild thickening of the adjacent Gerota fascia and a small amount of free peripancreatic fluid were present.

Importantly, no pancreatic mass, pancreatic duct dilatation, pseudocyst, abscess, infected collection, or evidence of pancreatic necrosis was identified. No radiological findings suggested biliary obstruction or recurrent gallstone disease.

Based on characteristic abdominal pain, marked pancreatic enzyme elevation, and compatible CT findings, the diagnosis of acute pancreatitis was established according to accepted international diagnostic criteria.

Exposure History

Following confirmation of the diagnosis, a more detailed exposure history was obtained. During this interview, the patient reported that she had recently begun using a commercially available alcohol-based *Rhopalurus junceus* (blue scorpion) extract after receiving recommendations from acquaintances regarding its potential health benefits.

According to the manufacturer's instructions, the recommended daily dose was approximately 15–20 drops. However, believing that a higher dose might produce greater benefit, the patient had increased her intake to approximately 80 drops daily. This regimen had been followed for three consecutive days before hospital admission.

Notably, severe epigastric pain developed during the second day of excessive intake and progressively worsened thereafter. The patient denied exposure to any other new medications, herbal products, dietary supplements, toxins, or unusual foods during the same period.

Evaluation of Alternative Etiologies

A systematic assessment for common causes of acute pancreatitis was performed. The patient denied alcohol consumption and had previously undergone cholecystectomy. Serum triglyceride and corrected calcium concentrations were within normal limits. Imaging studies demonstrated no evidence of pancreatic malignancy, infected necrosis, or structural pancreatic abnormalities.

No regular medications associated with drug-induced pancreatitis were identified. There was no clinical history suggestive of autoimmune disease, recent viral infection, abdominal trauma, or endoscopic procedures. Although uncommon causes of pancreatitis can never be completely excluded, no alternative etiology was identified during hospitalization.

© 2026 ISARC Academy

Given the close temporal relationship between symptom onset and excessive intake of the blue scorpion extract, a potential exposure-related adverse event was considered.

Causality Assessment

The temporal sequence observed in this case was notable. Exposure preceded symptom onset, and the patient's symptoms began during the period of markedly increased consumption. Furthermore, clinical improvement occurred after discontinuation of the product and initiation of supportive treatment.

The Naranjo Adverse Drug Reaction Probability Scale was considered as a supportive framework for causality assessment. Although originally developed for conventional pharmaceutical agents and not specifically validated for venom-derived complementary medicine products, application of the scale suggested a probable adverse reaction. Rechallenge was not attempted because of ethical and patient-safety considerations.

Management and Clinical Course

The patient was admitted for close clinical observation and conservative management. Oral intake was withheld initially, and intravenous isotonic crystalloid therapy was administered. Analgesic treatment was provided according to symptom severity, and serial clinical and laboratory evaluations were performed throughout hospitalization.

Hemodynamic parameters remained stable during follow-up. Abdominal pain gradually improved over the following days, and inflammatory markers decreased progressively. Repeat laboratory testing demonstrated a substantial reduction in serum amylase and lipase concentrations.

Once symptoms had significantly improved, oral feeding was cautiously reintroduced and was well tolerated. No local complications such as pancreatic necrosis, pseudocyst formation, or infected collections developed. Likewise, no systemic complications including organ failure were observed.

The patient was discharged in stable clinical condition after demonstrating sustained symptomatic and biochemical improvement. She was advised to avoid future use of the *Rhopalurus junceus* preparation and was encouraged to discuss any complementary or alternative medicine products with healthcare professionals before initiating treatment.

DISCUSSION

The temporal relationship observed in this patient was difficult to ignore. Severe epigastric pain developed after several days of consuming a markedly higher dose of a commercially available *Rhopalurus junceus* preparation than recommended by the manufacturer. Although temporal association alone cannot establish causality, the chronology of events prompted consideration of a possible exposure-related adverse reaction. The patient had tolerated normal daily activities before this exposure, reported no recent changes in prescription medications or diet, and developed symptoms during a period of substantial dose escalation.

Acute pancreatitis is most frequently attributed to gallstone disease and alcohol consumption, which together account for the majority of cases encountered in clinical practice. When these common causes are absent, the diagnostic evaluation becomes considerably more challenging. Clinicians must then consider less common etiologies, including metabolic disorders, structural abnormalities, malignancy, infections, autoimmune diseases, medications, and toxic exposures. In many instances, a detailed history ultimately provides the most important clue.

Pancreatic involvement after scorpion envenomation has been recognized for several decades. Clinical observations and experimental studies involving various scorpion species have demonstrated that venom exposure can influence pancreatic physiology through multiple pathways. Increased pancreatic exocrine secretion, autonomic nervous system activation, disturbances in biliary and pancreatic duct motility, and

© 2026 ISARC Academy

inflammatory responses have all been proposed as contributing mechanisms. These observations establish biological plausibility for pancreatic injury following exposure to certain scorpion venoms.

However, important differences exist between previously reported cases and the present patient. Most available literature concerns direct envenomation following scorpion stings, where venom is introduced directly into the circulation. By contrast, our patient consumed an orally administered commercial preparation derived from *Rhopalurus junceus*. The extent to which findings from sting-related envenomation can be extrapolated to orally administered venom-derived products remains uncertain. Factors such as gastrointestinal absorption, formulation characteristics, solvent composition, manufacturing methods, and product standardization may substantially alter biological effects.

Interest in *Rhopalurus junceus* has increased over the past two decades because of claims regarding potential therapeutic benefits, particularly in oncology. Experimental studies have reported cytotoxic activity against selected tumor cell lines, leading to widespread promotion of blue scorpion products in alternative medicine communities. Despite these claims, high-quality clinical evidence regarding efficacy remains limited. Even less information is available concerning safety, adverse effects, dose-response relationships, and long-term outcomes in humans.

An important consideration in this case is the reported dose. The patient consumed approximately four times the manufacturer's recommended daily amount over a period of three consecutive days. Excessive dosing may have altered systemic exposure and increased the likelihood of toxicity. Unfortunately, because commercial preparations are not always standardized and independent analysis of the product was not available, the precise concentration of biologically active compounds remains unknown. Consequently, it is impossible to determine whether the observed clinical event was related to venom-derived peptides, solvent components, manufacturing variability, contaminants, or a combination of factors.

Several observations support a probable rather than definitive association between exposure and pancreatitis. First, symptom onset occurred during the period of excessive intake. Second, the diagnosis of acute pancreatitis was established using accepted clinical, biochemical, and radiological criteria. Third, common etiologies were actively investigated and no convincing alternative explanation was identified. The patient denied alcohol use, had undergone cholecystectomy, demonstrated normal serum triglyceride and calcium concentrations, and showed no radiological evidence of pancreatic malignancy or infected necrosis. Finally, clinical improvement occurred following discontinuation of the preparation and supportive management.

Nevertheless, caution is required when interpreting these findings. The present report describes a single patient and therefore cannot establish causation. Analytical confirmation of the product's composition was unavailable, serum or urine toxicology testing was not performed, and rechallenge would have been inappropriate from both ethical and clinical perspectives. In addition, uncommon causes of pancreatitis cannot be completely excluded despite extensive evaluation. For these reasons, the findings should be interpreted as suggestive rather than conclusive.

The Naranjo Adverse Drug Reaction Probability Scale was used only as a supportive framework during assessment. While the score was consistent with a probable adverse reaction, the limitations of this approach should be acknowledged. The Naranjo algorithm was developed primarily for conventional pharmaceutical agents and has not been specifically validated for venom-derived complementary medicine products. Consequently, its findings should not be viewed as definitive evidence of causality.

The patient's preceding six-month history of unintentional weight loss also warrants discussion. Weight loss initially raised concern regarding an occult malignant process because pancreatic neoplasms may occasionally present with pancreatitis. However, contrast-enhanced CT did not reveal a pancreatic mass or any other suspicious lesion. Although malignancy appeared unlikely based on available evidence, continued clinical follow-up was considered appropriate.

This case also highlights a broader issue in clinical practice. Many patients regard complementary and alternative medicine products as inherently safe because they are marketed as natural substances. As a result, exposure histories may remain undisclosed unless clinicians ask directly. Patients frequently fail

© 2026 ISARC Academy

to consider supplements, herbal remedies, animal-derived products, and non-prescription preparations as relevant medical information. The present case illustrates how detailed questioning regarding such exposures can contribute substantially to diagnostic evaluation.

From a practical standpoint, clinicians evaluating patients with otherwise unexplained acute pancreatitis should routinely inquire about recent use of complementary medicine products, including dose, duration, formulation, and any recent changes in consumption patterns. Such information may be particularly valuable when conventional causes have been excluded. Additional case reports and pharmacovigilance data will be necessary to determine whether the association observed here represents a reproducible phenomenon or an isolated event.

CONCLUSION

We describe a patient who developed acute pancreatitis shortly after excessive consumption of a commercially available *Rhopalurus junceus* extract. Although a definitive causal relationship cannot be established on the basis of a single case, the close temporal association between exposure and symptom onset, improvement after discontinuation, and absence of a more convincing alternative explanation support a probable association.

The case emphasizes the importance of obtaining a comprehensive exposure history in patients presenting with otherwise unexplained acute pancreatitis. As the use of complementary and alternative medicine products continues to increase worldwide, awareness of potential adverse events associated with poorly standardized biologic preparations becomes increasingly important. Further clinical reports, toxicological investigations, and pharmacovigilance studies are needed to clarify the safety profile of commercially available *Rhopalurus junceus* products and to determine whether similar pancreatic adverse events occur in other patients.

Until additional evidence becomes available, clinicians should interpret safety claims regarding venom-derived alternative products with caution.

PATIENT PERSPECTIVE

Following recovery, the patient was informed that the temporal relationship between the blue scorpion preparation and the episode of acute pancreatitis was clinically concerning. She expressed surprise that a product marketed as natural could potentially be associated with a serious medical condition. The patient agreed to discontinue further use of the preparation and stated that she would consult healthcare professionals before using complementary or alternative medicine products in the future.

INFORMED CONSENT

Written informed consent was obtained from the patient for publication of this case report and accompanying clinical information. No identifying personal information is included in this manuscript.

ETHICS APPROVAL

According to local institutional policy, ethics committee approval was not required for publication of a single anonymized case report. Written informed consent for publication was obtained from the patient.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Fatih Oner Kaya: Literature review, interpretation of findings, manuscript drafting, critical revision, and supervision.

© 2026 ISARC Academy

FUNDING

The authors received no financial support for the preparation of this manuscript.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest related to this work.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

All data relevant to this case report are included within the manuscript. Additional anonymized information may be made available by the corresponding author upon reasonable request and in accordance with applicable privacy regulations.

ACKNOWLEDGEMENTS

None.

TABLE 2

Table 2. Assessment of Alternative Etiologies of Acute Pancreatitis

Potential Etiology	Findings in the Present Case
Alcohol use	Denied by patient
Gallstone disease	Previous cholecystectomy
Hypertriglyceridemia	Triglycerides 120 mg/dL
Hypercalcemia	Corrected calcium 9.0 mg/dL
Drug-induced pancreatitis	No regular medications
Pancreatic malignancy	No mass detected on contrast-enhanced CT
Structural pancreatic disease	No evidence on imaging
Recent ERCP	None
Abdominal trauma	None reported
Autoimmune pancreatitis	No clinical evidence
Rhopalurus junceus extract exposure	Present; excessive intake reported

TABLE 1 TITLE

Table 1. Clinical and Laboratory Findings at Admission and During Follow-up

Values outside the reference range are indicated in bold. A dash indicates that the parameter was not reassessed during follow-up.

REFERENCES

1. Tenner S, Vege SS, Sheth SG, Sauer B, Yang A, Conwell DL, et al. American College of Gastroenterology Guidelines: Management of Acute Pancreatitis. *Am J Gastroenterol*. 2024;119(3):419–437. doi:10.14309/AJG.0000000000002645.
2. Banks PA, Bollen TL, Dervenis C, Gooszen HG, Johnson CD, Sarr MG, et al. Classification of acute pancreatitis—2012: revision of the Atlanta classification and definitions by international consensus. *Gut*. 2013;62(1):102–111. doi:10.1136/gutjnl-2012-302779.
3. Bartholomew C, Murphy JJ, McGeeney KF, Fitzgerald O. Exocrine pancreatic response to the venom of the scorpion *Tityus trinitatis*. *Gut*. 1977;18(8):623–625. doi:10.1136/gut.18.8.623.

© 2026 ISARC Academy

4. Bartholomew C, McGeeney KF, Murphy JJ, Fitzgerald O, Sankaran H. Experimental studies on the aetiology of acute scorpion pancreatitis. *Br J Surg*. 1976;63(10):807–810. doi:10.1002/bjs.1800631019.
5. Diaz-Garcia A, Morier-Diaz L, Frion-Herrera Y, Rodriguez-Sanchez H, Caballero-Lorenzo Y, Mendoza-Llanes D, et al. In vitro anticancer effect of venom from Cuban scorpion *Rhopalurus junceus* against a panel of human cancer cell lines. *J Venom Res*. 2013;4:5–12.
6. Diaz-Garcia A, Ruiz-Fuentes JL, Yglesias-Rivera A, Rodriguez-Sanchez H, Riquenes Garlobo Y, Fleitas Martinez O. Enzymatic analysis of venom from Cuban scorpion *Rhopalurus junceus*. *J Venom Res*. 2015;6:11–18.
7. Naranjo CA, Busto U, Sellers EM, Sandor P, Ruiz I, Roberts EA, et al. A method for estimating the probability of adverse drug reactions. *Clin Pharmacol Ther*. 1981;30(2):239–245. doi:10.1038/clpt.1981.154.
8. Gwee MC, Nirthanan S, Khoo HE, Gopalakrishnakone P, Kini RM, Cheah LS. Autonomic effects of some scorpion venoms and toxins. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2002;29(9):795–801.
9. Gallagher S, Sankaran H, Williams JA. Mechanism of scorpion toxin-induced enzyme secretion in rat pancreas. *Gastroenterology*. 1981;80(5):970–976.
10. Lagarto A, Guerra I, Vega Y, Vega R, Rodriguez M, Sanchez C, et al. Safety evaluation of the venom from scorpion *Rhopalurus junceus*: assessment of oral short-term, subchronic toxicity and teratogenic effect. *Toxicon*. 2020;176:59–66.

© 2026 ISARC Academy

EVDE BAKIM HASTALARINDA İHMAL EDİLEN ZOONOTİK PARAZİT RİSKİ: SAHİPLİ EVCİL HAYVANLARDAN KAYNAKLANAN BULAŞ DİNAMİKLERİ VE KORUYUCU YAKLAŞIMLAR

Öğr. Gör. Dr. Muhammed YASUL

Program of Home Healthcare, Department of Healthcare Services, Vocational School of Health Services, Bartın University, Bartın, Türkiye.

ORCID ID: 0000-0001-7948-5773

ÖZET

Kronik hastalık yükündeki artış ve nüfusun yaşlanmasıyla birlikte evde bakım hizmetleri stratejik bir önem kazanmıştır. Bu süreçte evcil hayvan birlikteliğinin immünsuprese hastalar üzerinde önemli psikososyal ve terapötik faydaları bulunmakla birlikte, koruyucu veteriner hekimlik ve hijyen önlemlerinin aksatıldığı durumlarda ciddi zoonotik parazit riskleri ortaya çıkabilmektedir. Bu çalışmanın amacı; evde bakım alan immünsuprese bireylerde sahipli kedi ve köpeklerden kaynaklanan paraziter bulaş dinamiklerini, klinik yansımalarını ve Tek Sağlık (One Health) çerçevesindeki bütünleşik koruyucu yaklaşımları değerlendirmektir. Çalışma kapsamı; evde bakım hastalarında immünolojik duyarlılık mekanizmaları, ev içi temas dinamikleri, sahipli evcil hayvanlarda öne çıkan paraziter patojenler (*Toxocara spp., Echinococcus spp., Toxoplasma gondii, Cryptosporidium spp., Ancylostoma spp., Dipylidium caninum*), bakım ihmalleri ve çevresel kontaminasyon faktörleri üzerine odaklanan literatür ve klinik raporların detaylı analizine dayanmaktadır. Birincil sağlık hizmeti sunan hekimlerin rutin anamnez süreçlerinde hastanın evcil hayvan varlığını sorgulama pratiklerinin yetersiz kalabildiği ve bu durumun sebebi bilinmeyen ateş, kronik diyare ve organ tutulumlarında ayırıcı tanıyı zorlaştırabildiği değerlendirilmektedir. İmmünsuprese hastalarda T-hücresel ve hümoral yanıt yetersizliği nedeniyle subklinik seyredebilen enfeksiyonların masif doku hasarı, ensefalit ve sepsis gibi ağır klinik tablolara dönüşebildiği görülmektedir. Evcil hayvanlarla birlikte uyuma, yüz yalama, hasta tarafından dışkı temizliği yapılması, çiğ etle besleme ve ev içi tekstil yüzeylerinin kontaminasyonu birincil bulaş yolları olarak öne çıkabilmektedir. Ayrıca dekübit ülserleri ve kateter giriş yerlerinin paraziter ve sekonder polimikrobiyal enfeksiyonlar için biyolojik kapı oluşturabileceği gözlemlenmektedir. Hastaları evcil hayvanlarından ayırmadan biyopsikososyal dengeyi korumak ve paraziter riskleri bertaraf etmek ancak beşeri tıp, evde bakım personeli ve veteriner hekimlerin koordineli çalışacağı Tek Sağlık yaklaşımı ile mümkündür. Rutin anamnezlere evcil hayvan sorgulamasının eklenmesi, kesintisiz antiparaziter/vektör profilaksisi, koproantijen testleri ve hasta yakınlarının hijyen konusunda eğitilmesi hayati önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Evde Bakım, Zoonotik Parazitler, İmmünsupresyon, Tek Sağlık.

NEGLECTED ZOONOTIC PARASITE RISK IN HOME CARE PATIENTS: TRANSMISSION DYNAMICS FROM COMPANION ANIMALS AND PREVENTIVE APPROACHES

ABSTRACT

With the increase in chronic disease burden and an aging population, home health care services have acquired a strategic role. While companion animals provide significant psychosocial and therapeutic benefits to immunosuppressed patients during home care, severe zoonotic parasitic risks may emerge when preventive veterinary care and hygiene measures are neglected. This study aims to evaluate the transmission dynamics of parasitic infections originating from pet dogs and cats in immunosuppressed home care patients, their clinical manifestations, and integrated preventive strategies within the One Health framework. The study is based on a detailed analysis of literature and clinical evidence focusing

© 2026 ISARC Academy

on immunological susceptibility mechanisms in immunosuppressed home care patients, household contact dynamics, major pet-associated parasitic pathogens (*Toxocara spp.*, *Echinococcus spp.*, *Toxoplasma gondii*, *Cryptosporidium spp.*, *Ancylostoma spp.*, *Dipylidium caninum*), husbandry neglect, and environmental contamination factors. Evidence suggests that primary healthcare physicians may frequently omit pet ownership inquiries during routine history-taking, which can complicate differential diagnoses in cases presenting with fever of unknown origin, chronic diarrhea, and focal organ lesions. Impaired T-cell and humoral immunity in immunosuppressed hosts can convert typically subclinical infections into severe organ dysfunction, encephalitis, and systemic sepsis. High-risk behaviors such as co-sleeping with pets, facial licking, direct fecal handling by patients, raw meat feeding, and persistent contamination of household textiles can constitute primary transmission pathways. Furthermore, decubitus ulcers and invasive catheter sites may act as biological portals for parasitic inoculation and severe secondary polymicrobial infections. Eliminating parasitic hazards while preserving the biopsychosocial benefits of pet companionship requires an integrated One Health approach featuring interdisciplinary collaboration among medical doctors, home care personnel, and veterinarians. Mandatory pet ownership screening in routine history-taking, year-round antiparasitic/vector prophylaxis, coproantigen screening, and targeted caregiver education are essential to ensure patient safety.

Keywords: Home Care, Zoonotic Parasites, Immunosuppression, One Health.

1. Introduction and Epidemiological Background

Home care services, an indispensable component of contemporary healthcare systems, have acquired an increasingly strategic role alongside the rising burden of chronic diseases, the expansion of the geriatric population, and the growing number of individuals with oncological conditions, organ transplants, or a history of immunodeficiency. The most prominent clinical hallmark of these vulnerable populations is their heightened susceptibility to infectious agents, stemming from age-related immunosuppression, diminished physiological reserves, and the suppression of cellular and humoral immune mechanisms. Nevertheless, it is widely recognized in the literature that the close interaction between patients and companion animals, such as cats and dogs, yields significant therapeutic benefits for biopsychosocial well-being. The presence of these companion animals alleviates symptoms of social isolation and depression, elevates general quality of life, and positively influences patient adherence to medical treatment protocols. Conversely, when preventive veterinary protocols and basic sanitation measures are neglected, the intense physical contact inherent in sharing a living environment poses a severe zoonotic parasitic infection risk that warrants clinical attention, particularly for immunosuppressed individuals (Yıldırım et al., 1999; Kılınç et al., 2024).

Current epidemiological data and clinical reports highlight a profound lack of awareness regarding potential zoonotic parasitic infection risks among vulnerable patient groups cohabiting with pets and their family caregivers. Furthermore, the routine anamnesis (history-taking) practices of primary healthcare physicians and home care professionals regarding the presence of pets in the patient's living environment fall significantly below acceptable standards. Recent findings in the literature demonstrate that this vital inquiry is omitted in more than half of cases, constituting a critical systemic vulnerability concerning patient safety. Numerous zoonotic agents that typically cause subclinical or mild gastrointestinal symptoms in immunocompetent individuals can lead to severe organ dysfunction, systemic dissemination, and potentially high morbidity rates in immunosuppressed patients receiving home care (Trevejo et al., 2005; McNamara et al., 2018; Kılınç et al., 2024).

Table 1: Psychosocial Benefits vs. Neglected Zoonotic Transmission Risks in Home Care

© 2026 ISARC Academy

Psychosocial Benefits in Home Care	**Neglected Zoonotic Transmission Risks**
Reducing the sense of loneliness and isolation, increasing psychosocial resilience	Hidden pathogen transmission from asymptomatic pets to the immunosuppressed host
Providing regression in anxiety and depression symptoms	Low rate of physicians questioning pet ownership during anamnesis (41.2% - 54.2%)
Increasing patients' participation in daily living activities and morale levels	Development of systemic and invasive parasitic infections via fecal-oral and cutaneous routes
Supporting clinical treatment compliance by reducing biological stress parameters	Long-term persistence of parasite eggs/oocysts in the household micro-environment

Clinical Implications and Patient Safety Analysis

The occasional oversight of zoonotic risk factors during routine anamnesis can precipitate various challenges in the differential diagnosis of atypical clinical presentations, including fever of unknown origin, lymphadenopathy, chronic diarrhea, eosinophilia, and focal organ lesions. This phenomenon, which can prolong the diagnostic process, may compel physicians toward non-specific, broad-spectrum empirical treatment approaches in clinical management. Additionally, the potentially increased reliance on advanced diagnostic procedures can complicate the clinical course of zoonotic cases that could otherwise be managed at an early stage, thereby creating adverse repercussions on hospitalization durations and morbidity risks (Yıldırım et al., 1999; Stull et al., 2015; Kılınç et al., 2024).

This epidemiological and clinical landscape necessitates a comprehensive examination of how patients' biological susceptibilities intersect with household contact dynamics and high-risk behavioral patterns (Trevejo et al., 2005; ESCCAP, 2021).

2. Immunological Susceptibility and Transmission Dynamics in Home Care Patients

The increased clinical susceptibility to parasitic pathogens observed in immunosuppressed home care patients primarily stems from the impaired efficacy of T-lymphocyte-mediated cellular immunity and antibody-dependent humoral immune responses. Chemotherapy protocols, the administration of specific immunosuppressive agents, physiological decline associated with advanced biological age, or concurrent chronic organ dysfunctions directly compromise neutrophil activity and the phagocytic capacity of macrophages. This condition significantly facilitates the adhesion of zoonotic agents to mucosal surfaces or epidermal barriers, their subsequent tissue invasion, and ultimately their dissemination to distant organs via the bloodstream (systemic dissemination). The collapse of physiological defense lines and immunological barriers, which typically restrict infections to localized areas in immunocompetent hosts, predisposes target organs to irreversible and massive tissue damage caused by uncontrolled pathogens (Trevejo et al., 2005; Stull et al., 2015).

Parasite transmission dynamics within household environments are predominantly driven by the fecal-oral route, direct mucosal or cutaneous contact, vectors (fleas and ticks), and inappropriate feeding practices. Field studies conducted in households with immunosuppressed patients substantiate that high-risk contact behaviors are highly prevalent:

- **Continuous Indoor Living:** In a significant proportion of patient groups sharing the same environment with pets (particularly cats and dogs) during the home care process, it is observed that these animals spend the entirety of the day in enclosed indoor spaces. This continuous and isolated close contact between immunosuppressed patients and pets directly influences household microbiome dynamics and potential zoonotic parasite transmission risks (Yıldırım et al., 1999; Kılınç et al., 2024).

© 2026 ISARC Academy

- **Daily Direct Contact:** It is reported that a vast majority of patient groups receiving home care engage in direct and intense physical interaction with their pets on a daily basis (Yıldırım et al., 1999; Kılınç et al., 2024).
- **High-Risk Physical Proximity:** It has been determined that a notable fraction of home care patients permit physical interactions close enough to involve the pet directly getting onto the patient's bed, co-sleeping, or mucosal contact (licking) with the patient's facial region (Yıldırım et al., 1999; Kılınç et al., 2024).
- **Kitchen Contamination:** Furthermore, it is reported that the feeding and basic care needs of a significant portion of pets are met directly in indoor areas where human food is prepared and consumed (e.g., the kitchen). These practices dramatically elevate the risk of cross-contamination and amplify the probability of pathogen transmission to the immunosuppressed host via the gastrointestinal tract (Yıldırım et al., 1999; Kılınç et al., 2024).
- **Fecal Contact and Care Negligence:** It is indicated that a non-negligible segment of immunosuppressed patients personally participates in physical activities bearing a high zoonotic transmission potential, such as cleaning pet feces and performing general hygiene maintenance. This direct contact constitutes a critical epidemiological risk factor for the transfer of cysts, oocysts, or helminth eggs transmitted via the fecal-oral route to the host (Yıldırım et al., 1999; Kılınç et al., 2024).

Risk Factor: Pressure Ulcers, Open Skin Lesions, and Invasive Catheters

Decubitus ulcers (pressure sores), ostomy openings, surgical incision sites, and central or peripheral venous catheter insertion sites, which are commonly encountered in the home care patient population, compromise the integrity of the physiological skin barrier. Consequently, they function as biological portals of entry that facilitate the direct invasion of opportunistic zoonotic agents and other pathogens into the host system (Trevejo et al., 2005; ESCCAP, 2009; Shang et al., 2020).

Clinical Mechanism: Secondary Infection and Systemic Inoculation

The contact of microscopic parasitic stages and ectoparasite-borne vectorial agents, carried on the saliva, fur, or body surfaces of companion animals, with these compromised epithelial lesions facilitates the direct tissue invasion of pathogens or their inoculation into the vascular bed. Such microbial and parasitic agents, introduced into open wounds via infected organic materials, can precipitate resistant polymicrobial secondary infection complexes that are exceedingly difficult to treat, thereby causing the clinical presentation to rapidly progress toward systemic involvement (ESCCAP, 2009; Trevejo et al., 2005; van Wezel et al., 2022).

Clinical Implications and Risk Assessment

This clinical analysis of infection transmission dynamics strikingly illustrates how seemingly ordinary and emotionally driven simple forms of contact between patients and their pets can rapidly evolve into life-threatening sepsis, invasive tissue necrosis, and multiple organ failure in the presence of an immunosuppressed state. A behavior such as facial licking, considered entirely harmless for an immunocompetent individual, becomes a critical mechanism facilitating the direct entry (inoculation) of zoonotic agents into the bloodstream and predisposing the host to systemic infections in a patient with compromised mucosal integrity or suppressed cellular defense mechanisms (Yıldırım et al., 1999; Trevejo et al., 2005; Shang et al., 2020).

These severe biological risks generated by household contact dynamics are directly linked to the pathogenic characteristics of specific parasite species harbored by pet cats and dogs (Yıldırım et al., 1999; ESCCAP, 2021).

© 2026 ISARC Academy

3. Prominent Zoonotic Parasites Originating from Pet Cats and Dogs and Their Clinical Effects

When infected with zoonotic agents, companion cats and dogs frequently remain as asymptomatic carriers (reservoirs) without exhibiting any overt clinical symptoms. However, during this covert carriage phase, they continuously shed infectious parasitic forms (such as cysts, oocysts, and eggs) into the household ecosystem, thereby predisposing immunosuppressed patients sharing the same environment to severe organ dysfunction and systemic damage. Particularly in hosts with compromised or suppressed immune responses, the standard biological behaviors and tissue invasion capacities of these helminths and protozoa undergo radical alterations, resulting in a substantially more aggressive clinical course (Stull et al., 2015; ESCCAP, 2021; Kılınç et al., 2024).

Toxocara spp. (*Toxocara canis* / *Toxocara cati*)

The transmission dynamics of *Toxocara* species, the most prevalent ascarid helminths in feline and canine populations, involve placental transfer during gestation, lactogenic transmission during lactation, or the fecal-oral ingestion of embryonated eggs shed into the environment. The capacity of an adult female parasite to produce an average of 85,000 eggs daily, combined with the ability of these thick-shelled eggs to withstand adverse environmental conditions and remain infective in the external environment for years, significantly amplifies the risk of zoonotic transmission. Although the prepatent period in the definitive host varies depending on the source of infection, the transmission of the pathogen to the human host engenders severe clinical consequences. The hatching of ingested contaminated eggs within the intestinal lumen and their subsequent transition to the larval stage prompts the pathogen to initiate systemic tissue migration via the bloodstream. These larval forms that lodge in somatic organs within the human body lead to Visceral Larva Migrans, a condition characterized by systemic involvement; conversely, larvae that directly invade ocular tissues can cause Ocular Larva Migrans syndrome, which may culminate in permanent vision loss (Ma et al., 2018; CAPC, 2022a; ESCCAP, 2021; Pal and Tolawak, 2023; IDEXX, 2024).

Echinococcus spp. (*Echinococcus granulosus* / *Echinococcus multilocularis*)

These cestode species, for which dogs serve as the definitive host, are transmitted through the accidental ingestion of microscopic eggs disseminated via companion animal feces. The intermediate host stage establishes itself in humans, culminating in the development of Cystic Echinococcosis (*E. granulosus*) or Alveolar Echinococcosis (*E. multilocularis*). The larval stages of the parasite generate slow-growing cysts that exert a mass effect within the parenchyma, predominantly involving the liver and lungs. In the event of a traumatic or spontaneous cyst rupture, critical risks emerge, including anaphylactic shock precipitated by massive antigen release and the subsequent formation of widespread secondary cysts (Kılınç et al., 2024; ESCCAP, 2021; Yasul, 2025).

Toxoplasma gondii

The biological dissemination of this obligate intracellular protozoan pathogen, for which felines serve as the exclusive definitive host, is driven by the shedding of massive quantities of unsporulated oocysts into the environment via the feces of infected felids. Upon completing sporogony under external environmental conditions, these oocysts become infective. In addition to precipitating the risk of congenital anomalies via vertical transmission in pregnant individuals, the reactivation of a latent infection may occur in immunosuppressed home care patients. Clinically, this reactivation manifests as confusional states, cognitive dysfunction, encephalitis, and specific focal neurological deficits. In the context of prophylaxis, strict adherence to fecal-oral sanitation principles and the exclusion of immunodeficient patients from high-risk household hygiene activities, such as handling cat litter, are of paramount importance (Yıldırım et al., 1999; Dabritz and Conrad, 2010; Kılınç et al., 2024).

© 2026 ISARC Academy

Cryptosporidium spp. ve *Giardia duodenalis*

These zoonotic protozoa, which are disseminated via water and environmental sources, are frequently overlooked during routine laboratory diagnostic procedures. Their transmission dynamics are primarily driven by the consumption of contaminated water and food, as well as direct physical contact with companion animals. Although the infection typically presents as a self-limiting, mild diarrhea in immunocompetent individuals, it can precipitate chronic, persistent, and profuse watery diarrhea, severe dehydration, malabsorption, and significant weight loss in immunosuppressed patient cohorts (Yıldırım et al., 1999; Kirk et al., 2010; IDEXX, 2024).

Ancylostoma spp. (*Ancylostoma caninum* / *Uncinaria stenocephala*)

Among these helminths, identified as the hookworms of felines and canines, *Ancylostoma caninum* transmits infection primarily via the lactogenic route or through active percutaneous penetration by third-stage larvae. The invasion of these larval forms through human skin leads to the development of cutaneous larva migrans, a condition characterized by intense pruritus. Regarding pathogenicity, adult Ancylostoma caninum actively feed on blood by firmly attaching to the intestinal mucosa; this mechanism precipitates severe clinical manifestations in the host, including dark, tarry diarrhea, profound anemia, and vascular collapse. Conversely, Uncinaria stenocephala, a species more frequently encountered across European regions, is a parasite that feeds by grazing on the intestinal mucosa at the tissue level. Although it does not induce significant blood loss, it engenders a clinical presentation characterized by chronic hypoproteinemia, deterioration of the hair coat, and mild mucosal diarrhea (Daba et al., 2021; CAPC, 2022b; IDEXX, 2024).

Dipylidium caninum

Fleas of the species *Ctenocephalides felis* and *Ctenocephalides canis* serve as intermediate hosts in the biological cycle of the common flea tapeworm of cats and dogs. The infection cycle, initiated by flea larvae consuming the parasite's egg capsules, is transmitted to humans via the accidental ingestion of infected adult fleas present on companion animals, particularly by children and bedridden patients. Although the parasite maturing within the small intestinal lumen produces only mild clinical gastrointestinal symptoms, the observation of motile gravid proglottids in the feces or perianal region induces significant psychological distress among patients and caregivers (CAPC, 2022c; Rousseau et al., 2022; IDEXX, 2024).

Table 2: Major Pet-Associated Zoonotic Parasites, Transmission Routes, and Clinical Manifestations in Immunosuppressed Hosts

Pathogen Name	Route of Transmission	Clinical Manifestation in Human Host	Risk Level in Immunosuppressed Individuals
Toxocara spp.	Fecal-oral ingestion of embryonated eggs	Visceral Larva Migrans (VLM), Ocular Larva Migrans (OLM), tissue granulomas	High: Systemic organ dissemination and permanent ocular damage
Echinococcus spp.	Fecal-oral ingestion of parasite eggs	Cystic / Alveolar Echinococcosis, mass effect in organs, anaphylaxis upon rupture	Critical: Liver/lung destruction, high surgical and anaphylaxis risk
Toxoplasma gondii	Fecal-oral ingestion of sporulated oocysts	Toxoplasmosis, encephalitis, neurological disorders, reactivation foci	Critical: CNS involvement, confusion, and life-threatening encephalitis
Cryptosporidium spp.	Contact with contaminated water/food or infected animals	Cryptosporidiosis, chronic severe watery diarrhea, dehydration	High: Persistent malabsorption, severe fluid-electrolyte loss

© 2026 ISARC Academy

Ancylostoma spp.	Active skin penetration of L3 larvae	Cutaneous Larva Migrans (CLM), serpiginous lesions, severe pruritus	Moderate - High: Portal for secondary bacterial skin infections
Dipylidium caninum	Accidental ingestion of infected fleas	Dipylidiosis, mild GI disorders, perianal irritation, psychological stress	Moderate: Gastrointestinal discomfort and psychological distress

Clinical Implications and Differential Diagnosis Evaluation

Pathological processes induced by various parasitic agents in immunosuppressed home care patients can mask the patient's pre-existing chronic conditions or exacerbate the overall clinical course. Indeed, failing to recognize *Cryptosporidium* infection in a case of diarrhea presumed to be secondary to chemotherapy can lead to the unwarranted interruption of the patient's antineoplastic treatment protocol and compromise renal perfusion due to severe dehydration (Yıldırım et al., 1999; Kirk et al., 2010; IDEXX, 2024).

The primary drivers facilitating pathogen transmission to the human host are negligence in companion animal care and the persistent contamination of the household micro-environment with parasitic stages (ESCCAP, 2009; ESCCAP, 2021).

4. Negligence in Companion Animal Care and Environmental Contamination Dynamics

Disruptions in feeding routines, antiparasitic prophylaxis protocols, and overall hygiene management for companion animals lay the groundwork for the establishment of persistent parasitic foci within the household micro-environment and the patient's immediate living area. Such deficiencies can transform the indoor environment inhabited by the immunosuppressed patient—which should be maintained under biological protection—into a dynamic infection source that continuously sheds pathogens (ESCCAP, 2009; ESCCAP, 2021).

Areas of Care Neglect and Environmental Transmission Mechanisms

- **Raw Meat Feeding (BARF) Risk:** Raw diet feeding models, defined as feeding companion animals with unprocessed raw meat, offal, or uncooked animal products, constitute the primary transmission route for introducing *Toxoplasma gondii* tissue cysts, *Echinococcus* protoscoleces, and *Toxocara* paratenic host larvae into the animal. Companion animals infected through such diets rapidly shed massive quantities of oocysts and parasite eggs into the indoor environment, thereby establishing a persistent source of infection within living spaces (ESCCAP, 2021; IDEXX, 2024).
- **Negligence in Internal and External Parasite Control:** The disruption of routine antiparasitic prophylaxis protocols and the neglect of ectoparasite control in companion animals enable parasites to surpass their prepatent period, thereby facilitating the active shedding of eggs and infectious debris into the household environment. These deficiencies in vector control perpetuate the biological cycles of helminthic agents such as *Dipylidium caninum* within the indoor ecosystem and elevate the risk of zoonotic infections caused by *Bartonella henselae*, the causative agent of cat scratch disease (ESCCAP, 2009; ESCCAP, 2021; Kılınç et al., 2024).
- **Environmental and Park Contamination:** Companion animals with outdoor access transport infective parasitic stages collected from contaminated soil and recreational areas into indoor living spaces via their fur and paw surfaces. Indeed, field investigations conducted in children's playgrounds reveal the presence of eggs belonging to *Toxocara*, *Taenia*, *Echinococcus*, and *Ancylostoma* species in a notable proportion of analyzed soil samples. These empirical findings clearly demonstrate the magnitude of the environmental contamination load that outdoor-

© 2026 ISARC Academy

exposed pets can introduce into the household ecosystem, as well as the scope of subsequent zoonotic risks (Aydın, 2020; Kılınç et al., 2024).

Clinical Implications and Micro-Environmental Infection Analysis

Toxocara eggs and *Toxoplasma* oocysts, shed onto indoor textile surfaces such as carpets, bedspreads, and floor coverings via pet feces, exhibit remarkably high biological resistance against standard household cleaning agents and disinfectants. In immobilized home care patients, pre-existing decubitus ulcers or open catheter insertion sites facilitate the transfer of these resistant microscopic forms adhering to textile surfaces to the host via direct mechanical contact or aerosolization mechanisms, predisposing the patient to continuous pathogen exposure. Ultimately, deficiencies in care processes can cause the micro-environment which ought to be maintained under biological protection to transform into a persistent infection focus continuously shedding pathogens (Aydın, 2020; ESCCAP, 2021).

5. Integrated Preventive Approaches and Recommendations Within the One Health Framework

The One Health approach, predicated on the principle that human, animal, and environmental health are intrinsically interconnected, constitutes the foundational strategic framework for managing zoonotic parasitic risks in home care patients. Mitigating biological risk factors while preserving the psychosocial benefits afforded by companion animals necessitates integrated and coordinated collaboration between human medicine and veterinary medicine (ESCCAP, 2009; Kılınç et al., 2024).

Table 3: Integrated Preventive Actions within the One Health Framework

Implementing Party	Concrete Preventive Action
Medical Doctor / Home Care Health Personnel	Questioning the presence of a pet in the home during routine anamnesis and creating a joint medical-veterinary risk card (Yıldırım et al., 1999; Kılınç et al., 2024).
Medical Doctor / Home Care Health Personnel	Informing the patient and patient's relatives regarding zoonotic transmission routes and hand hygiene (ESCCAP, 2009; Yıldırım et al., 1999).
Medical Doctor / Home Care Health Personnel	Including zoonotic parasites in the differential diagnosis in cases of unexplained eosinophilia or resistant infections (Kılınç et al., 2024).
Veterinarian	Administering coproantigen/fecal tests at least 4 times a year or monthly deworming to the pet in accordance with ESCCAP Group D (ESCCAP, 2021; IDEXX, 2024).
Veterinarian	Prescribing licensed repellent/reproductive products continuously year-round against ectoparasites (fleas/ticks) (ESCCAP, 2009).
Veterinarian	Informing the pet owner about the dangers of raw meat feeding (BARF) and monitoring the feeding diet (ESCCAP, 2021; IDEXX, 2024).
Patient and Patient's Relative	Removing cat litter daily; not allowing the immunosuppressed individual to perform litter cleaning (ESCCAP, 2021; Yıldırım et al., 1999).
Patient and Patient's Relative	Not permitting the animal to sleep in the patient's bed or lick their mucous membranes and open wounds (Yıldırım et al., 1999; Kılınç et al., 2024).
Patient and Patient's Relative	Feeding the pet solely with cooked or commercial dry food; preventing it from roaming freely outdoors (ESCCAP, 2021; IDEXX, 2024).

Clinical Implications and Biopsychosocial Balance Analysis

Translating the One Health approach into clinical practice enables immunosuppressed home care patients to safely benefit from the psychosocial support provided by this companionship without having to part with their pets. Through joint monitoring protocols conducted collaboratively by human and veterinary medicine, infection risks are controlled while enabling the patient to attain an optimal standard of living from a biopsychosocial perspective (ESCCAP, 2009; Yıldırım et al., 1999). Establishing interdisciplinary scientific coordination and integrated preventive medicine protocols

© 2026 ISARC Academy

within home care processes constitutes the primary guarantee for safeguarding both individual patient safety and public health at the highest level (ESCCAP, 2009; Kılınç et al., 2024).

6. REFERENCES

Aydın, M. F. (2020). Presence of *Toxocara* spp. and other zoonotic parasites ova in children's playground in Karaman, Turkey. *Türkiye Parazitolojii Dergisi*, 44(1), 17-20.

Companion Animal Parasite Council (CAPC). (2022a). *Ascarid guidelines*. CAPC. https://www.capcvet.org/guidelines/ascarid

Companion Animal Parasite Council (CAPC). (2022b). *Hookworm guidelines*. CAPC. https://www.capcvet.org/guidelines/hookworms

Companion Animal Parasite Council (CAPC). (2022c). *Dipylidium caninum guidelines*. CAPC. https://www.capcvet.org/guidelines/dipylidium-caninum

Daba, M., Naramo, M., & Haile, G. (2021). Current status of Ancylostoma species in domestic and wild animals and their zoonotic implication. *Animal and Veterinary Sciences*, *9*(4), 107-114.

Dabritz, H. A., & Conrad, P. A. (2010). Cats and Toxoplasma: implications for public health. *Zoonoses and public health*, *57*(1), 34-52.

European Scientific Counsel Companion Animal Parasites (ESCCAP). (2009). *Control of parasitic insects and ticks in dogs and cats* (ESCCAP Guideline No. 3). ESCCAP.

European Scientific Counsel Companion Animal Parasites (ESCCAP). (2021). *Worm control in dogs and cats* (ESCCAP Guideline No. 1, 6th ed.). ESCCAP.

European Scientific Counsel Companion Animal Parasites (ESCCAP). (2022). *Parasitological diagnosis in cats, dogs and equines* (ESCCAP Guideline No. 4, 1st ed.). ESCCAP.

IDEXX Laboratories. (2024). *Faecal Dx* antigen testing clinical reference guide: Diagnosing intestinal parasite infections*. IDEXX.

Kılınç, F., Tapaç, N. N., Çay, Ü., Gündeşlioğlu, Ö. Ö., & Alabaz, D. (2024). Çocuklarda zoonotik hastalıkların retrospektif değerlendirilmesi. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 17(1), 1-8.

Kirk, M. D., Veitch, M. G., & Hall, G. V. (2010). Gastroenteritis and food-borne disease in elderly people living in long-term care. *Clinical Infectious Diseases*, *50*(3), 397-404.

Ma, G., Holland, C. V., Wang, T., Hofmann, A., Fan, C. K., Maizels, R. M., ... & Gasser, R. B. (2018). Human toxocariasis. *The Lancet Infectious Diseases*, *18*(1), e14-e24.

McNamara, J., Drake, J., Wiseman, S., & Wright, I. (2018). Survey of European pet owners quantifying endoparasitic infection risk and implications for deworming recommendations. *Parasites & Vectors*, *11*(1), 571.

Pal, M., & Tolawak, D. (2023). A comprehensive review on major zoonotic parasites from dogs and cats. *International Journal of Medical Parasitology and Epidemiology Sciences*, *4*(1), 3-11.

Rousseau, J., Castro, A., Novo, T., & Maia, C. (2022). Dipylidium caninum in the twenty-first century: epidemiological studies and reported cases in companion animals and humans. *Parasites & Vectors*, *15*(1), 131.

Shang, J., Wang, J., Adams, V., & Ma, C. (2020). Risk factors for infection in home health care: analysis of national outcome and assessment information set data. *Research in nursing & health*, *43*(4), 373-386.

Stull, J. W., Brophy, J., & Weese, J. S. (2015). Reducing the risk of pet-associated zoonotic infections. *Canadian Medical Association Journal*, *187*(10), 736-743.

© 2026 ISARC Academy

Trevejo, R. T., Barr, M. C., & Robinson, R. A. (2005). Important emerging bacterial zoonotic infections affecting the immunocompromised. *Veterinary Research*, 36(3), 493-506.

van Wezel, E. M., van der Beek, E. S. J., Siebrecht, M. A. N., Stel, A. J., Wouthuyzen-Bakker, M., & Meessen, N. E. L. (2022). Pet-related bacterial zoonotic infections: Three cases of severe infections in the immunocompromised host. *IDCases*, *30*, e01623.

YASUL, M. (2025). Iğdır yöresinde insan, koyun ve sığırlardan elde edilen cystic Echinococ örneklerinin mt-CO1 ve NAD5 gen bölgelerinin moleküler karakterizasyonu.

Yıldırım, A., Gürer, Ü. S., Çevikbaş, A., & Onganer, E. (1999). Evde beslenen kedi ve köpek gibi hayvanlardan hangi parazitler bulaşabilir? *Journal of Turgut Ozal Medical Center*, 6(1), 115-120.

© 2026 ISARC Academy

YÜN KUMAŞIN RENKLENDİRİLMESİNDE ÇÖVEN (*Gypsophila*) KÖKÜNÜN DOĞAL BOYARMADDE OLARAK PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Hüseyin BENLİ

Kayseri University, Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies, 38280 Talas, Kayseri

ORCID ID: 0000-0002-0510-6061

ÖZET

Son yıllarda, boya terbiye süreçlerinde, atıkları ile çevreye zarar vermeyen, sürdürülebilir boyama işlemlerinde kullanılmak üzere yenilikçi boyarmadde keşif araştırmaları hızla ve artarak devam etmektedir. Bu çalışmada, boya terbiye işletmelerinde yün kumaşların renklendirme süreçlerinde Çöven (*Gypsophila*) bitkisinin köklerinin boyama etkileri ve performans özellikleri araştırıldı. Mevsimin de toplanan bitkilerin kökleri gölgede kurutuldu ve öğütülerek toz haline getirildi. Bu formdaki öğütülmüş bitkiler 1:1 oranında olacak şekilde doğrudan boyama banyosuna ilave edilerek boyama işlemi gerçekleştirildi. Çalışmada, renk verimi ve haslık özelliklerini artırmak için mordan maddesi olarak demir (II) sülfat, bakır (II) sülfat ve potasyum alüminyum sülfat ve birlikte mordanlama yöntemi kullanıldı. Boyama işlemi, oda sıcaklığında başladı ve 95ºC'de bir saat çalışılarak tamamlandı. Ard işlem olarak durulama, sıcak sabunlu yıkama (1 g/L sabun) ve soğuk durulama şeklinde gerçekleştirildi. Ardından, renkli numuneler oda sıcaklığında kurutuldu. Renkli numunelerin renk (*K/S* ve CIE *L*a*b**) değerleri Konica Minolta 3600 d spektrofotometre ile ölçüldü. Bunlara ek olarak, renkli kumaş numunelerine yıkama ve sürtme haslığı testleri uygulandı ve elde edilen sonuçlar 4-5 puan aralığında tespit edildi. Elde edilen CIE ve performans sonuçları çöven bitkisinin köklerinin yünlü kumaşların renklendirilmesin de çevre dostu renklendirici olarak kullanılabileceğini gösterdi.

Anahtar kelimeler: Yün, çöven (*Gypsophila*) kökü, doğal boyalar, sürdürülebilirlik

EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF THE COVEN (*Gypsophila*) ROOT AS A NATURAL DYE IN THE COLORING OF WOOL FABRIC

ABSTRACT

Recently, research into the discovery of innovative dyestuffs for use in sustainable dyeing processes-which do not harm the environment through waste-has been accelerating within the textile dyeing and finishing sector. This study investigated the dyeing effects and performance characteristics of coven (Gypsophila) roots in the coloration of wool fabrics. Roots harvested during the appropriate season were shade-dried and ground into a powder. The dyeing process was carried out by adding this powdered plant material directly to the dye bath at a 1:1 ratio. To enhance color yield and fastness properties, iron (II) sulfate, copper (II) sulfate, and potassium aluminum sulfate were used as mordants, employing a simultaneous mordanting method. The dyeing process began at room temperature and was completed by maintaining a temperature of 95°C for one hour. Post-dyeing treatments consisted of rinsing, hot soap washing (1 g/L soap), and a final cold rinse. Subsequently, the dyed samples were dried at room temperature. Color values (*K/S* and CIE *L*a*b**) of the dyed samples were measured using a Konica Minolta 3600d spectrophotometer. Additionally, washing and rubbing fastness tests were performed on the dyed fabric samples, with results falling within the 4–5 rating range. The obtained CIE and performance data indicate that coven (*Gypsophila*) roots can serve as an eco-friendly colorant for wool fabrics.

Keywords: Wool, coven (*Gypsophila*) root, natural dyes, sustainability

© 2026 ISARC Academy

1. INTRODUCTION

Among the most significant production criteria of our time is the implementation of processes that do not harm the environment in the manufacturing of goods and services. To achieve this objective, many enterprises engage in various efforts to develop sustainable production practices without violating environmental policies. One of the sectors where such efforts are particularly evident is textile finishing and dyeing units.

Dyeing and finishing units are among the factories where environmental impacts are most strongly perceived. Therefore, activities such as the use of eco-friendly dyes and the treatment of wastewater play a crucial role in sustainable production. The replacement of traditionally used petroleum-based dyes with plant- and biologically derived colorants makes a significant contribution to the reduction of toxic waste. In this context, the application of natural dyes in textile coloration processes reduces the burden of polluted wastewater, as these dyes are biodegradable. Unlike synthetic dyes, they do not contain heavy metal ions or toxic substances, which provides a substantial benefit for the preservation of aquatic ecosystems. Consequently, numerous researchers are conducting studies to develop environmentally friendly dyes and dyeing processes. In particular, investigations have highlighted plant-based sources such as turmeric (Yang et al., 2026), walnut husk (Kumar et al., 2024; Lee et al., 2025), pomegranate peel (Ali et al., 2007), and indigo (Bechtold et al., 2002; Shukla et al., 2015), as well as biological pigments derived from fungi (Che-alee et al., 2026) and bacteria (Durán et al., 2001; Venil et al., 2009). These types of colorants are suitable for the circular economy approach, as they are both sustainable and renewable.

In this study, the aim was to investigate the color yield and fastness properties of coven roots in the dyeing of commonly used wool fabrics. Coven has been utilized in various fields for different purposes. One such field is the food industry, where its roots are employed as a foaming agent in the production of halva and confectionery due to their high saponin content (Özcan and Arslan, 2004; Demirci and Şahin, 2008). In traditional medicine, coven has been studied for its effects on respiratory disorders, skin diseases, and its anti-inflammatory properties (Ojala et al., 2000; Francis et al., 2002). Furthermore, in the cosmetic sector, coven has been investigated particularly for its natural cleansing, foaming, and anti-inflammatory characteristics (Jurek et al., 2021; Yu et al., 2025). In another study, coven was used as an auxiliary agent in dyeing processes (Bechtold et al. 2003; Shahid and Mohammad 2013; Raari and Din 2026).

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Materials

In this study, wool woven fabric weighing 150 g/m^2 and prepared for dyeing was used. Coven root (Figure 1), obtained from local sources, was used as dye sources. It has been reported that the primary bioactive components found in coven roots are saponins, and that they contain between 15% and 25% saponins, depending on the species (Köroğlu and Asil 2026). Before the dyeing process, they were dried in the shade, ground, and then used directly in the dyeing bath as dye sources. All chemicals used are of analytical grade.

© 2026 ISARC Academy



Figure 1. Natural dye sources (Coven roots) used in dyeing processes

2.2. Methods

Every dyeing experiment was carried out in a lab setting. The mordant was an eco-friendly 3% metal salts. Using the process depicted in Figure 2, dyeing and mordanting were carried out concurrently. A 1:1 weight ratio (5 grams of linen to 5 grams of plant material) was established between the dye and the material to be coloured. The ratio of the dye bath was 1:20. Following dying, the following steps were taken to finish the process: Warm washing, boiling soap washing (1 g/L soap), hot washing, cold washing, and room temperature drying were the steps taken to finish the process.

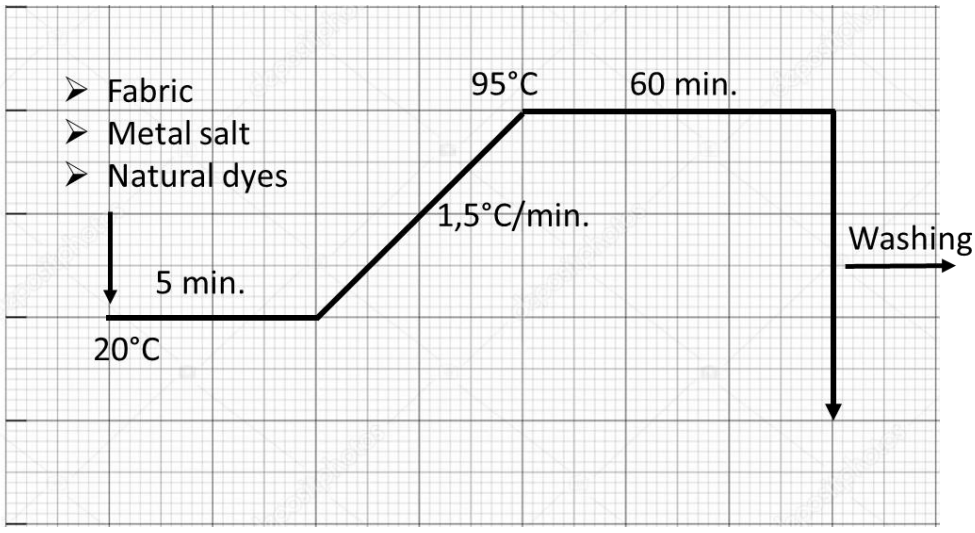


Figure 2. Working procedure used in the dyeing process.

The colour coordinates (*K/S* and *L*a*b**) of each dyed sample were measured using a Konica Minolta 3600 d spectrophotometer. In this case, the Kubelka-Munk equation (1) was used to determine the K/S values (Smith, 1997). Additionally, the colour fastness tests of the coloured samples were subjected to wash (ISO 105-C10) and rubbing (ISO 105-X12) fastness tests.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \qquad (1)$$

© 2026 ISARC Academy

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, wool fabrics were colored using environmentally friendly metal salt and dye sources. The CIE color space data for the colored fabrics after dyeing are presented in Table 1. When iron, copper, and aluminum ions were used as mordants, the colors obtained were green (*a**; -4.22), pink (*a**; 3.21), and beige (*a**; 5.65), respectively. The color intensity (*K/S*) values were determined to be 2.65, 0.98, and 0.80 when using iron, copper, and aluminum ions, respectively. The *L** value, which expresses the lightness or darkness of a color on a scale of 0–100, was determined to be 64.67 for iron, 76.98 for copper, and 82.78 for aluminum.

Table 1. CIE *L***a***b** values for dyed fabrics

Mordant Type	***Color Coordinates***						Dyed fabrics
	K/S	***L****	***a****	***b****	***C****	***h°***	
$FeSO_4 7H_2O$	2.65	64.67	-4.22	15.16	15.75	105.55	
$CuSO_4 5H_2O$	0.98	76.98	3.21	13.76	14.12	76.87	
$KAl(SO_4)_2.12H_2O$	0.80	82.78	5.65	16.72	17.65	71.31	

The *C** value, which represents chroma in the color space, was determined to be 15.75, 14.12, and 17.65 when using iron, copper, and aluminum ions, respectively. The *h*° value, representing the hue angle in the color space, was found to be 105.55°, 76.87°, and 71.31°, following the same order.

Every sample of dyed wool fabric was examined for fastness characteristics, as indicated in Table 2. The results obtained were very good, especially in terms of wash fastness, ranging from 4/5 to 5 points. In addition, the rubbing fastness of the fabrics was also satisfactory, scoring 4-5 points.

Table 2. Fastness tests of dyed samples.

Mordant Type	**Washing**		**Rubbing**	
	Sta.	**Alt.**	**Wet**	**Dry**
$FeSO_4 7H_2O$	4	4/5	4/5	4/5
$CuSO_4 5H_2O$	4/5	4/5	4/5	5
$KAl(SO_4)_2.12H_2O$	4/5	4/5	5	5

Sta.: Staining on wool; Alt.: Alteration

© 2026 ISARC Academy

4. Conclusions

In this study, the potential of coven roots as a natural dye source for wool fabrics was examined. The results demonstrated that the dyed samples exhibited excellent coloration and remarkable fastness properties, confirming the suitability of these plant-derived materials for eco-friendly textile dyeing applications. Moreover, this research highlights coven roots as a valuable bio-based resource that can contribute to sustainable practices in textile coloration. The utilization of local plant-based resources also holds significant potential to foster rural development and strengthen the local economy. Future investigations are advised to explore the antibacterial and antioxidant functionalities of fabrics treated with these natural materials.

REFERENCES

Ali S, Hussain T, Nawaz R, Abbas F. (2007). Effect of tannin-rich natural dye extracted from Punica granatum L. on cotton fabric dyeing and fastness properties. Journal of Cleaner Production 15(5), 478–486.

Bechtold T, Mussak R, Mahmud-Ali A, Ganglberger E, Geissler S. (2002). Natural dyes for textile dyeing: A comparison of indigo, madder, and other plant-based colorants. Dyes and Pigments 52(3), 145–163.

Bechtold T, Turcanu A, Ganglberger E, Geissler S. (2003). Natural surfactants in textile dyeing: Application of saponins from Saponaria officinalis. Journal of Cleaner Production 11(5), 499–509.

Che-alee N, Jitprasitporn N, Kanhayuwa L. (2026). Bioactivity and textile dyeing potential of pigments produced by Arcopilus cupreus T8. Scientific Reports 16, Article 12345.

Demirci M, Şahin, S. (2008). Foaming properties of Saponaria officinalis root extract in confectionery systems. International Journal of Food Science & Technology 43(5), 875–881.

Durán N, Menck CFM. (2001). Chromobacterium violaceum: A review of pharmacological and industrial perspectives of its violacein pigment. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology 28(6), 325–333.

Francis G, Kerem Z, Makkar HPS, Becker K. (2002). The biological action of saponins in animal systems: A review. British Journal of Nutrition 88(6), 587–605.

ISO 105-C10:2006 Textiles - Tests for color fastness - Part C10: Color fastness to washing with soap or soap and soda, Test Condition:Test A(1), International Organization for Standardization, Geneva Switzerland, 2006.

ISO 105-X1 (2016) Textiles-Tests for Color Fastness-Part X12: Colour Fastness to Rubbing. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

Jurek I, Szuplewska A, Chudy M, Wojciechowski K. (2021). Soapwort (Saponaria officinalis L.) Extract vs. Synthetic Surfactants—Effect on Skin-Mimetic Models. Molecules 26(18), 5628.

Köroğlu M, Asil H. (2026). Essential Oil Components and Phytochemical Profile of Coven root Analyzed By GC-MS. Ed. Topkaya Y. ASES XII. Uluslararasi Bilimsel Araştirmalar Kongre. Hatay, pp 201-207.

Kumar R, Singh P, Sharma A. (2024). Transforming discarded walnut green husk into a resource of valuable compounds for colored bioactive textiles with a focus on circular economy concept. Dyes and Pigments 215, 111–120.

Lee H, Park J, Kim S. (2025). Comparison of biomordant and chemical mordant on the color, fastness, and antimicrobial properties of wool fabrics dyed with Juglans regia waste product. Fibers and Polymers 26(4), 789–798.

© 2026 ISARC Academy

Ojala T, Remes S, Haansuu P, Vuorela H, Hiltunen R, Vuorela P. (2000). Antimicrobial activity of some coumarin-containing herbal plants, including Saponaria officinalis. Journal of Ethnopharmacology 73(1–2), 299–305.

Özcan M, Arslan D. (2004). Saponaria officinalis L. root extract as a natural foaming agent in traditional Turkish confectionery. Food Chemistry 88(3), 439–444.

Raafi SM, Din RB. (2026). Dyeing of Cotton Fabric with Reactive Dyes Using Saponin Bio-based Surfactant in Soybean Oil. Fibers and Polymers 27(4), 1120–1130.

Shahid M, Mohammad F. (2013). Green chemistry approaches to develop eco-friendly textile dyeing processes using natural surfactants. Coloration Technology 129(3), 200–210.

Shukla SR, Mathur N. (2015). Eco-friendly indigo dyeing of cotton fabrics using natural reducing agents. Textile Research Journal 85(12), 1265–1273.

Smith KJ. (1997) Colour order systems, colour spaces, colour difference and colour scales, 2nd ed., R McDonald, Ed. Colour Physics for Industry, Bradford, England: JSDC.

Venil CK, Lakshmanaperumalsamy P. (2009). Prodigiosin production from Serratia marcescens and its applications as a textile dye. World Journal of Microbiology and Biotechnology 25(10), 1779–1785.

Yang R, Li C, Zheng Y, Huang C, Yao R, Li J, Inta A, Yang L. (2026). Multifunctional Dyeing of Textiles with Turmeric (Curcuma longa L.) Extracts Using Natural Mordants. Molecules 31(18), 3278.

Yu G-R, Kim D-H, Kim H, Lim D-W. (2025). Evaluation of Saponin-Rich Callus from Saponaria officinalis L. as a Novel Scrub Material with Significant Exfoliating and Anti-Inflammatory Effects.

Plants 14(10), 1535.

© 2026 ISARC Academy

PAMUK İPLİĞİNİN BİYOMATERYALLER İLE BOYANMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Prof. Dr. Hüseyin BENLİ

Kayseri University, Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies, 38280 Talas, Kayseri

ORCID ID: 0000-0002-0510-6061

ÖZET

Çevreye zarar vermeyen ve sürdürülebilir özellikler taşıyan boya ve boyama yöntemlerine yönelik araştırmalar son zamanların en popüler konuları arasına girmiştir. Bu çalışmada, pamuk ipliğinin renklendirilmesinde Rezene (*Foeniculum vulgare*) tohumlarının boyama potansiyeline ve performans özelliklerine odaklanılmıştır. Yöresel pazardan temin edilen tohumlar gölgede kurutulmuş, öğütülerek toz haline getirilmiş ve doğrudan boyama banyosuna 1:1 oranında boyarmadde olarak ilave edilmiştir. Boyama işlemi oda sıcaklığında başlatılmış, 95°C'de 60 dakika devam etmiştir. Renk verimini ve haslık özelliklerini geliştirmek amacıyla $CuSO_4$, $FeSO_4$ ve $KAl(SO_4)_2$ tuzları ile birlikte mordanlama uygulanmıştır. Ard işlem olarak soğuk durulama, sıcak sabunlu yıkama (1 g/L sabun) ve ılık durulama işlemlerinin ardından, renkli numuneler oda sıcaklığında kurutulmuştur. Renk ölçüm (*K/S* ve CIE *L*a*b**) değerleri Konica Minolta 3600 d spektrofotometre ile yapılmış, yıkama ve sürtme haslıkları 4-5 puan aralığında bulunmuştur. Sonuçlar, biyomateryal olan rezene tohumunun pamuk ipliğinin renklendirilmesinde etkili bir doğal boyarmadde kaynağı olabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Pamuk ipliği, rezene, doğal boyalar, sürdürülebilirlik

A STUDY ON THE DYEING OF COTTON YARN WITH BIOMATERIALS

ABSTRACT

Research into environmentally friendly and sustainable dyes and dyeing methods has become one of the most popular topics in recent times. This study focuses on the dyeing potential and performance characteristics of fennel (*Foeniculum vulgare*) seeds for coloring cotton yarn. Seeds obtained from a local market were shade-dried, ground into a powder, and added directly to the dye bath at a 1:1 ratio. The dyeing process began at room temperature and continued at 95°C for 60 minutes. Mordanting was performed using $CuSO_4$, $FeSO_4$, and $KAl(SO_4)_2$ salts to enhance color yield and fastness properties. Following post-treatment steps-comprising cold rinsing, hot soap washing (1 g/L soap), and warm rinsing-the dyed samples were dried at room temperature. Color measurements (*K/S* and CIE *L*a*b**) were conducted using a Konica Minolta 3600d spectrophotometer, and wash and rub fastness ratings were found to be in the 4-5 range. The results indicate that fennel (*Foeniculum vulgare*) seeds, as a biomaterial, can serve as an effective natural dye source for coloring cotton yarn.

Keywords: Cotton yarn, fennel (*Foeniculum vulgare*), natural dyes, sustainability

1. INTRODUCTION

Using environmentally friendly procedures in the production of services and products is one of the most important production criteria of modern day. Many businesses take part in a variety of initiatives to create sustainable production methods without breaking environmental regulations in order to accomplish this goal. Textile finishing and dyeing facilities are one industry where such efforts are very noticeable.

© 2026 ISARC Academy

Among manufacturing plants where ecological consequences are most noticeable are the finishing and dyeing departments. Thus, environmentally friendly dye use and wastewater treatment are important components of sustainable production. Toxic waste can be significantly reduced by substituting colourants generated from plants and biology for the conventional petroleum-based dyes. Because natural dyes are biodegradable, using them in textile colouring processes lessens the impact of dirty wastewater. They have a significant advantage for the preservation of aquatic ecosystems because they don't contain hazardous materials or heavy metal ions like synthetic colours do. As a result, several academics are working to create eco-friendly dyes and dyeing techniques. Research has focused on plant-based sources like indigo (Bechtold et al., 2002; Shukla et al., 2015), pomegranate peel (Ali et al., 2007), turmeric (Yang et al., 2026), and walnut husk (Kumar et al., 2024; Lee et al., 2025), as well as biological pigments from bacteria (Durán et al., 2001; Venil et al., 2009; Che-alee et al. 2026). Because these colourants are renewable and sustainable, they fit well with the circular economy concept.

The dyeing potential and performance traits of fennel (*Foeniculum vulgare*) seeds in the colouring of cotton yarn are the main topics of this study. Fennel (*Foeniculum vulgare*) is a versatile plant used in the fields of food, medicine, agricultural, and cosmetics. Its most common applications include its use as a spice or in tea, as a remedy for digestive system ailments, as a natural ingredient in cosmetic products, and in traditional practices (Shahat et al. 2011; Badgujar et al. 2014; Haddar et al., 2014; Rather et al. 2016; Michailidis et al. 2021; Zade et al. 2024; Kumar et al. 2025). There are numerous academic studies regarding the medicinal use of fennel (*Foeniculum vulgare*). This plant has been researched specifically for its effects on digestive system disorders, respiratory tract ailments, women's health, and its anti-inflammatory properties (Badgujar et al. 2014; Baig et al. 2023; Reshma et al. 2026).

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Materials

In this study, cotton yarn prepared for dyeing was used. Fennel (Figure 1) seeds, obtained from local sources, was used as dye sources. Before the dyeing process, they were dried in the shade, ground, and then used directly in the dyeing bath as dye sources. All chemicals used are of analytical grade.



Figure 1. Natural dye sources (Fennel seeds) used in dyeing processes

2.2. Methods

All dyeing trials were conducted on a laboratory scale. An environmentally friendly 20%, 3%, %3 $KAl(SO_4)_2.12H_2O$, $FeSO_47H_2O$, $CuSO_45H_2O$ metal salt was used as the mordant, respect. Dyeing and mordanting were performed simultaneously using the procedure shown in Figure 2. The weight ratio of the dye to the material to be dyed was adjusted to 1:1 and 1:2 (5 grams of cotton yarn: 5 or 10 grams of plant material). The dye bath ratio was 1:20. After dyeing, the process was completed in the following

© 2026 ISARC Academy

order: The process was completed in the following order: warm wash, boiling soap wash (1 g/L soap), hot wash, cold wash, and drying at room temperature.

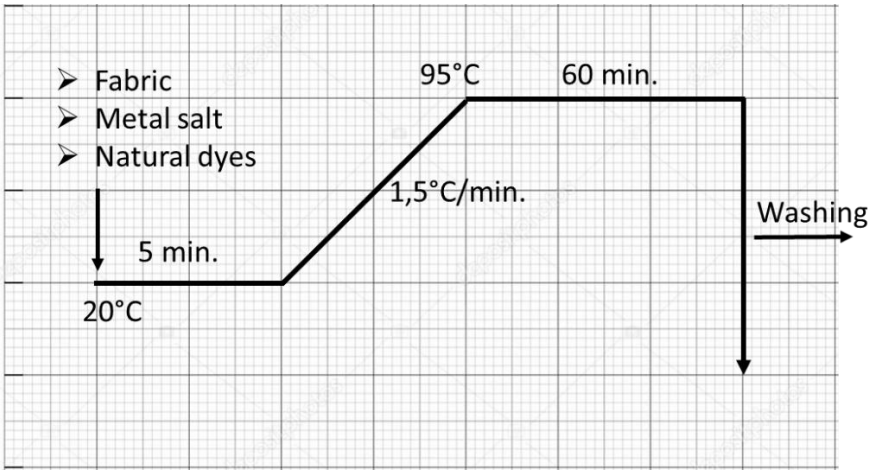


Figure 2. Working procedure used in the Dyeing process.

The color coordinates (*K/S* and *L*a*b**) of all dyed samples were measured using a Konica Minolta 3600 d spectrophotometer. The *K/S* values were derived according to the Kubelka–Munk equation (1) (Smith, 1997). Furthermore, the dyed fabrics were subjected to standardized fastness evaluations, including washing fastness (ISO 105-C10) and rubbing fastness (ISO 105-X12).

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \qquad (1)$$

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, cotton yarns were colored using environmentally friendly metal salt and dye source (fennel seeds). When cotton yarns were dyed with fennel seeds using copper, iron, and aluminum salts as mordants, the resulting colors were dark brown, beige, and yellow, respectively. The CIE color space data for the colored yarns after dyeing are presented in Table 1. In the CIE color space, the *L** value-which indicates lightness or darkness and is measured on a scale of 0–100-was determined to be 63.90, 70.41, and 84.80 for dyeings performed with fennel seeds using copper, iron, and aluminum ions, respectively, as metal salts.

The *a** value, which represents redness in the color space, was determined to be 0.72, 0.74, and -0.73 for samples dyed with fennel seeds when copper, iron, and aluminum ions (in the form of salts) were used, respectively. Similarly, the *b** value, which represents yellowness in the color space, was determined to be 15.23, 14.40, and 28.79 for samples dyed with fennel seeds using copper, iron, and aluminum, respectively.

The *C** value, which represents the chroma in the color space, was determined to be 15.25, 14.41, and 28.80 for samples dyed with fennel seeds when copper, iron, and aluminum ions were used, respectively.

© 2026 ISARC Academy

Table 1. CIE Lab (L^*,a^*,b^*,C^* and $h°$) coordinates of dyed cotton yarns

CIE Lab	$CuSO_45H_2O$		$FeSO_47H_2O$		$KAl(SO_4)_2.12H_2O$	
K/S	1.98		1.24		0.85	
L*	63.90		70.41		84.80	
a*	0.72		0.74		-0.73	
b*	15.23		14.40		28.79	
C*	15.25		14.41		28.80	
h°	87.30		87.04		91.46	

The $h°$ value, which represents the angle in the color space, was determined to be 87.30, 87.04, and 91.46 for samples dyed with fennel seeds using copper, iron, and aluminum, respectively.

The color intensity (*K/S*) values of cotton yarns dyed with fennel seeds were determined to be 1.98, 1.24, and 0.85 when copper, iron, and aluminum salts were used, respectively.

As shown in Table 2, each dyed cotton yarn sample was subjected to tests for fastness properties. Specifically, the results for wash fastness, ranging between 4/5 and 5, are excellent. Furthermore, the rub fastness of the textile products was rated at 4–4.5 out of 5. The color fastness results indicate a satisfactory level of performance in terms of the dyeing process.

Table 2. Color fastness values of dyed cotton yarns

Mordant Type	**Washing**		**Rubbing**	
	Sta.	**Alt.**	**Wet**	**Dry**
$CuSO_45H_2O$	4/5	4/5	4/5	5
$FeSO_47H_2O$	4	4	4/5	4/5
$KAl(SO_4)_2.12H_2O$	4/5	5	4/5	5

Sta.: Staining on yarn; **Alt.**: Alteration

4. Conclusions

The experimental results revealed that fennel (*Foeniculum vulgare*) seeds can be successfully applied as a natural dye for cotton yarns, producing distinctive shades with satisfactory fastness properties. The use of fennel as a bio-based colorant not only demonstrates its potential as an eco-friendly alternative to synthetic dyes but also contributes to sustainable textile practices by utilizing locally available plant resources. These findings highlight the feasibility of integrating fennel-derived pigments into natural dyeing processes, thereby supporting both environmental protection and innovative approaches in textile coloration. For future studies, it is recommended to investigate the possibilities of employing fennel seeds in the coloration of textile materials other than cotton yarn.

REFERENCES

Ali S, Hussain T, Nawaz R, Abbas F. (2007). Effect of tannin-rich natural dye extracted from Punica granatum L. on cotton fabric dyeing and fastness properties. Journal of Cleaner Production 15(5), 478–486.

Badgujar SB, Patel VV, Bandivdekar AH. (2014). Foeniculum vulgare Mill: A review of its botany, phytochemistry, pharmacology, contemporary application, and toxicology. Biomed Research International 2014, Article ID 842674.

Baig M, Elkady AI, Hakeem KR. (2023). An Insight of Multitudinous and Inveterate Pharmacological Applications of Foeniculum vulgare (Fennel). Springer.

© 2026 ISARC Academy

Bechtold T, Mussak R, Mahmud-Ali A, Ganglberger E, Geissler S. (2002). Natural dyes for textile dyeing: A comparison of indigo, madder, and other plant-based colorants. Dyes and Pigments 52(3), 145–163.

Che-alee N, Jitprasitporn N, Kanhayuwa L. (2026). Bioactivity and textile dyeing potential of pigments produced by Arcopilus cupreus T8. Scientific Reports 16, Article 12345.

Durán N, Menck CFM. (2001). Chromobacterium violaceum: A review of pharmacological and industrial perspectives of its violacein pigment. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology 28(6), 325–333.

ISO 105-C10:2006 Textiles - Tests for color fastness - Part C10: Color fastness to washing with soap or soap and soda, Test Condition:Test A(1), International Organization for Standardization, Geneva Switzerland, 2006.

ISO 105-X1 (2016) Textiles-Tests for Color Fastness-Part X12: Colour Fastness to Rubbing. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

Haddar W, Elksibi I, Meksi N, Mhenni MF. (2014). Valorization of the leaves of fennel (Foeniculum vulgare) as natural dyes fixed on modified cotton: A dyeing process optimization based on a response surface methodology. Industrial Crops and Products 53, 16–22.

Kumar R, Singh P, Sharma A. (2024). Transforming discarded walnut green husk into a resource of valuable compounds for colored bioactive textiles with a focus on circular economy concept. Dyes and Pigments 215, 111–120.

Kumar R, Kaur S, Kalra VP. (2025). Fennel: A review of its botany, phytochemistry, pharmacology, agronomic practices and post-harvest handling. International Journal of Seed Spices 15(1), 17–32.

Lee H, Park J, Kim S. (2025). Comparison of biomordant and chemical mordant on the color, fastness, and antimicrobial properties of wool fabrics dyed with Juglans regia waste product. Fibers and Polymers 26(4), 789–798.

Michailidis D, Angelis A, Nikolaou PE, Mitakou S, Skaltsounis AL. (2021). Exploitation of Vitis vinifera, Foeniculum vulgare, Cannabis sativa and Punica granatum By-Product Seeds as Dermo-Cosmetic Agents. Molecules 26(3), 731.

Rather MA, Dar BA, Sofi SN, Bhat BA, Qurishi MA. (2016). Foeniculum vulgare: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety. Arabian Journal of Chemistry 9(S2), S1574–S1583.

Reshma K, Sundharaiya K, Prabhu T, Shenbagavalli S, Anitha T, Kabilan M, Khan AA. (2026). Fennel (Foeniculum vulgare Mill.) in modern phytopharmacology: Bioactive compounds, molecular mechanisms and clinical perspectives. Annals of Phytomedicine 15(1), 232–244.

Shahat AA, Ibrahim AY, Hendawy SF. (2011). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of Foeniculum vulgare essential oil. Food Chemistry 123(2), 533–539.

Shukla SR, Mathur N. (2015). Eco-friendly indigo dyeing of cotton fabrics using natural reducing agents. Textile Research Journal 85(12), 1265–1273.

Smith KJ. (1997) Colour order systems, colour spaces, colour difference and colour scales, 2nd ed., R McDonald, Ed. Colour Physics for Industry, Bradford, England: JSDC.

Venil CK, Lakshmanaperumalsamy P. (2009). Prodigiosin production from Serratia marcescens and its applications as a textile dye. World Journal of Microbiology and Biotechnology 25(10), 1779–1785.

Yang R, Li C, Zheng Y, Huang C, Yao R, Li J, Inta A, Yang L. (2026). Multifunctional Dyeing of Textiles with Turmeric (Curcuma longa L.) Extracts Using Natural Mordants. Molecules 31(18), 3278.

Zade T, Gupta R, Sawarkar RS, Biyani D, Umekar M. (2024). Fennel-Powered Elegance: Formulation, Evaluation, and Future Horizons of Peel-off Mask Gels in Natural Skincare. International Journal of Pharmaceutical Sciences 2(7).

© 2026 ISARC Academy

TİTANYUM ALAŞIMININ (Ti-6Al-4V) SÜRDÜRÜLEBİLİR İŞLENMESİ: ÇEŞİTLİ KOŞULLAR ALTINDA KALINTI GERİLMELERİN İNCELENMESİ

Ömrüm Serena Taşdöğen

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Endüstriyel Sürdürülebilirlik Yüksek Lisans Programı 11100 Bilecik

ORCID ID: 0009-0001-1515-2299

Mehmet Aydın

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Endüstriyel Tasarım Bölümü, 11100 Bilecik

ORCID ID: 0000-0003-1126-0601

ÖZET

Talaşlı imalat sürecinde malzemenin maruz kaldığı mekanik ve termal etkiler, iş parçasının yüzey ve yüzey altı özelliklerinde değişimlere neden olmaktadır. Bu değişimlerin önemli sonuçlarından biri olan kalıntı gerilmeler parçanın mekanik davranışını ve boyutsal doğruluğunu etkileyebilmektedir. Bu çalışma, çeşitli kesme parametrelerinin titanyum alaşımının (Ti-6Al-4V) dik kesme performansı üzerindeki etkisini araştırmaktadır. İş parçası yüzeyindeki ve yüzey altındaki teğetsel ve eksenel kalıntı gerilmeler (S11 ve S33) üzerindeki etkileri değerlendirmek amacıyla; sonlu elemanlar (SE) simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Simülasyonlar; kesme hızı ve ilerleme hızı olmak üzere iki temel girdi parametresi ve her biri için üç seviye dikkate alınarak tasarlanmıştır. Sonuçlar, kalıntı gerilme bileşenlerindeki değişimlerde kesme hızı ve ilerleme hızının önemli derecede etkili olduğunu göstermiştir. Kalıntı gerilme dağılımları kanca formuna benzemektedir. 60 m/dak kesme hızı altında ilerleme 0.1'den 0.25 mm/dev'e değiştirildiğinde teğetsel gerilme (S11) değerleri azalan bir değişim sergilerken, eksenel gerilme (S33) değerlerinde artan bir değişim gözlemlenmiştir. 300 m/dak kesme hızında ise ilerleme hızının 0.1 mm/dev'den 0.15 mm/dev değerine çıkarılmasıyla S33 değerinde yaklaşık %33 bir artış ve 0.15 mm/dev'den 0.25 mm/dev değerine artırıldığında ise gerilme değerinde %23 azalma meydana gelmiştir. İlerleme hızındaki değişimin kalıntı gerilme değerleri üzerinde önemli bir etkileye sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, Ti-6Al-4V alaşımının işlenmesi sırasında oluşan kalıntı gerilmelerin sayısal olarak öngörülmesi, uygun kesme koşullarının belirlenmesine ve işlenmiş parçanın mekanik özelliklerinin değerlendirilmesine katkı sağlayabilir.

Anahtar kelimeler: Titanyum alaşımı, sürdürülebilir işleme, sonlu elemanlar yöntemi, kesme hızı, ilerleme

SUSTAINABLE MACHINING OF TITANIUM ALLOY (Ti-6Al-4V): INVESTIGATION OF RESIDUAL STRESSES UNDER VARIOUS CONDITIONS

ABSTRACT

The mechanical and thermal effects experienced by the material during the machining process cause changes in the surface and subsurface characteristics of the workpiece. Residual stresses, a significant consequence of these changes, can influence the mechanical behavior and dimensional accuracy of the part. This study investigates the effect of various cutting parameters on the orthogonal cutting performance of a titanium alloy (Ti-6Al-4V). Finite element (FE) simulations were conducted to evaluate the effects on tangential and axial residual stresses (S11 and S33) on the workpiece surface and below the surface. The simulations were designed considering two primary input parameters—cutting speed and feed rate—with three levels for each. The results demonstrated that cutting speed and feed

© 2026 ISARC Academy

rate significantly influence the variations in residual stress components. The residual stress distributions exhibit a hook-like profile. At a cutting speed of 60 m/min, increasing the feed rate from 0.1 to 0.25 mm/rev resulted in a decrease in tangential stress (S11) values, whereas an increase was observed in axial stress (S33) values. At a cutting speed of 300 m/min, increasing the feed rate from 0.1 mm/rev to 0.15 mm/rev led to an approximately 33% increase in S33 values, while a further increase from 0.15 mm/rev to 0.25 mm/rev resulted in a 23% decrease in the stress value. It has been determined that the change in feed rate has a significant effect on residual stress values. Consequently, the numerical prediction of residual stresses generated during the machining of Ti-6Al-4V alloy can contribute to determining appropriate cutting conditions and evaluating the mechanical properties of the machined part.

Keywords: Titanium alloy, sustainable machining, finite element method, cutting speed, feed rate

1. GİRİŞ

Talaşlı imalat sürecinde, işlenen malzemenin yapısal özelliklerinde fiziksel ve metalürjik açıdan çeşitli değişimler meydana gelmektedir. Talaşlı imalat sürecinde dikkate alınması gereken önemli unsurlardan biri, işleme sırasında malzemenin yüzeyinde ve yüzey altında oluşan kalıntı gerilmelerdir. İşlenmiş yüzeyin yakın bölgelerinde çekme karakterli kalıntı gerilmelerin oluşması, yorulma ve kırılma dayanımını ve gerilmeli korozyona (Okushima ve Kakino 1972) karşı direnci olumsuz yönde etkileyerek bileşenlerin kullanım ömrünü önemli ölçüde kısaltabilir. Kalıntı gerilmelerin çekme veya basma niteliği göstermesi, kesme hızı, ilerleme hızı ve talaş açısı gibi talaşlı imalat parametrelerinin yanı sıra takım geometrisi ve yağlama koşullarına da bağlıdır (Chen ve ark. 2004).

Kalıntı gerilmelerin belirlenmesi için araştırmacılar tarafından çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir (Thiele ve ark. 2000, Hua ve ark. 2006). Bu süreçte, talaşlı imalatın analiz edilmesinde sonlu elemanlar yöntemi önemli bir araç olarak kullanılmıştır (Ehmann ve ark. 2006, Vaz ve ark. 2007). Kalıntı gerilmelerin tespit edilmesinde araştırmacılar, deneysel ve analitik yöntemlerden de yararlanmaktadır (Marimuthu ve ark. 2018). İşlenmesi güç malzemeler arasında yer alan Ti-6Al-4V titanyum alaşımı, birçok araştırmaya konu olmuştur (Umbrello 2008). Bu kapsamda, titanyum alaşımının işlenmesi sırasında meydana gelen talaş oluşumu (Gao ve ark. 2016), sıcaklık ve kesme kuvvetlerindeki değişimler ile işlem sonucunda ortaya çıkan kalıntı gerilmeler (Niesłony ve ark. 2014, Childs ve ark. 2018) gibi çeşitli konular ele alınmıştır. AISI 316L veya AISI 1045 çeliklerinin dik kesme işlemi sırasında meydana gelen kalıntı gerilmeleri belirlemek amacıyla çeşitli sonlu elemanlar analizleri yürütmüşlerdir (Salio ve ark. 2006, Outeiro ve ark. 2006, Nasr ve ark. 2007). Wiesner kaplamasız sertleştirilmiş karbür takımlar kullanarak AISI 304 çeliğinin dik kesme işlemi sonucunda meydana gelen kalıntı gerilmeleri incelemiştir (Wiesner 1992). Liu ve Guo ise AISI 304 çeliğinin işlenmiş yüzey tabakasındaki kalıntı gerilmeler üzerinde ardışık kesme işlemlerinin ve takım-talaş arasındaki sürtünmenin etkilerini değerlendirmek amacıyla bir sonlu elemanlar (SE) modeli geliştirmiştir (Liu ve Guo 2000). Araştırmacılar, ikinci kesme işleminin uygulanmasıyla yüzeydeki kalıntı gerilmelerin azaldığını bildirmiştir.

Talaşlı imalatın karmaşık yapısı nedeniyle, çalışmaların önemli bir bölümü dik kesme işlemi üzerine yoğunlaşmıştır (Ducobu ve ark. 2015, Ducobu ve ark., 2017). Dik kesme koşullarında, imalat sürecini etkileyen tüm faktörlerin (De Micheli ve Mocellin 2011) simülasyon modeline aktarılması oldukça güçtür. Bu nedenle, güvenilir sonuçlar elde edebilmek için bazı varsayımların yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte, endüstriyel uygulamalarda talaşlı imalat işlemlerinin büyük bir kısmı eğik kesme biçiminde gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada, titanyum alaşımının işlenmesi esnasında meydana gelen kalıntı gerilmelerin tahmin edilmesi amacıyla, farklı kesme parametreleri altında sonlu elemanlar yöntemine dayalı dik kesme simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Simülasyonlar sonucunda, işleme malzeme yüzeyinde ve yüzey altında oluşan kalıntı gerilmeler incelenmiştir. Çalışmanın öne çıkan özellikleri şu şekilde sıralanabilir: 1) Dik kesme işlemi modellenmiştir, 2) Malzemenin davranışını ve hasar oluşumunu tanımlamak için

© 2026 ISARC Academy

Johnson-Cook malzeme ve hasar modeli kullanılmıştır, 3) Malzeme hasarını modellemek amacıyla herhangi bir ayrılma katmanından yararlanılmamıştır.

2. SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

2.1. Modelleme

Bu çalışmada, talaş kaldırma sürecinin iki boyutlu dinamik-açık (Dynamic-Explicit) sonlu elemanlar analizi ABAQUS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İş parçasının deforme olabilen, takımın ise rijit olduğu kabul edilerek mekanik bir model oluşturulmuştur. Bu yaklaşım ile talaş kaldırma sürecinin mekanik davranışının incelenmesine odaklanılmıştır. İş parçası ve takım geometrileri ABAQUS ortamında modellenmiştir. İş parçası dikdörtgen bir geometriye sahiptir. Takım, 25 mm uç yarıçapına, 0° talaş açısına ve 6° boşluk açısına sahip bir kesici uç olarak modellenmiştir. İş parçası ve takımın montaj görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. İş parçası ve takımın montaj görünümü

2.2. Malzeme modellemesi

Talaş kaldırma sürecinin sonlu elemanlar yöntemiyle doğru ve güvenilir bir şekilde simüle edilebilmesi için iş parçası malzemesinin deformasyon davranışının gerçekçi biçimde modellenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, kesme sırasında oluşan yüksek şekil değiştirme, şekil değiştirme hızı ve sıcaklık etkilerinin dikkate alınması amacıyla Johnson–Cook (JC) malzeme modeli kullanılmıştır. Talaş oluşumu sırasında meydana gelen hasar ve kırılma davranışının modellenmesi için ise Johnson–Cook hasar modeli tercih edilmiştir. Bu yaklaşım, yüksek şekil değiştirme hızları ve sıcaklık etkilerinin belirgin olduğu talaş kaldırma süreçlerinin modellenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Aydın 2016). Sayısal analizlerde kullanılan Ti-6Al-4V alaşımına ait Johnson–Cook malzeme ve hasar modeli sabitleri Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. JC malzeme modeli sabitleri (Johnson ve Holmquist 1989)

Malzemenin akma mukavemeti, *A* (MPa)	862
Sertleşme modülü, *B* (MPa)	331
İş sertleşme üssü, *n*	0.34
Gerinim hızına bağlı malzeme sabiti, *C*	0.012
Termal yumuşama katsayısı, *m*	0.8

© 2026 ISARC Academy

Tablo 2. JC hasar modeli sabitleri (Johnson ve Holmquist 1989)

D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
–0.09	0.25	–0.5	0.014	3.87

İş parçası malzemesi olarak Ti-6Al-4V titanyum alaşımı ele alınmış olup, kesme işlemi sırasında malzemenin mekanik ve termal davranışının modellenmesinde kullanılan yoğunluk, Poisson oranı, elastisite modülü, özgül ısı, ısıl iletkenlik ve ısıl genleşme katsayısı gibi fiziksel ve termomekanik özellikler Tablo 3'te sunulmuştur.

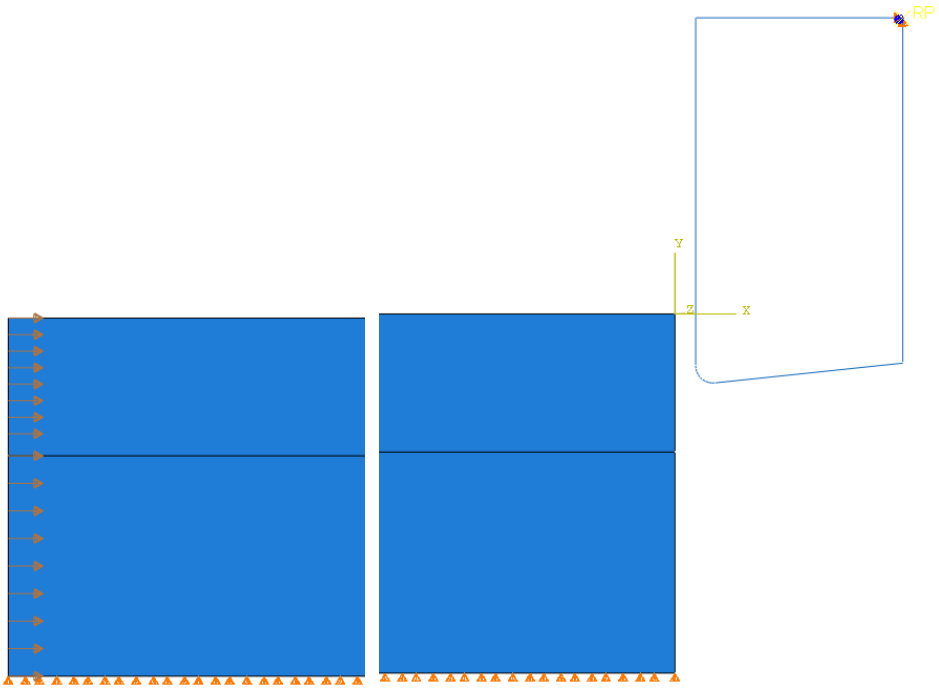
Tablo 3. Ti-6Al-4V alaşımının fiziksel ve termal özellikleri (Chen ve ark. 2011)

Yoğunluk (kg/m^3)	4430
Elastikiyet modülü (GPa)	109 (323°K) 91 (523°K) 75 (723°K)
Poisson oranı	0.34
Isıl iletkenlik (W/m°K)	6.8 (293°K) 7.4 (373°K) 9.8 (573°K) 11.8 (773°K)
Özgül ısı (J/kg°K)	611 (293°K) 624 (373°K) 674 (573°K) 703 (773°K)
Isıl genleşme katsayısı (1/°K)	9×10^{-6}

2.3. Yükleme ve sınır koşulu

Yükleme ve sınır koşullarını içeren model Şekil 2'de gösterilmiştir. İş parçasının alt yüzeyi Y doğrultusundaki hareketleri kısıtlanacak şekilde sınır koşullarına tabi tutulmuş, arka yan yüzeyi ise sabit bir hızla X doğrultusunda doğrusal olarak hareket edecek şekilde tanımlanmıştır. Kesici takım, referans noktasına (RP) uygulanan sınır koşulları aracılığıyla tüm serbestlik dereceleri bakımından tamamen sınırlandırılmıştır. Kesme derinliği Z ekseninde, ilerleme ise Y doğrultusunda uygulanmış olup, sonlu elemanlar simülasyonlarında kullanılan kesme koşulları Tablo 4'te verilmiştir.

© 2026 ISARC Academy



Şekil 2. Yükleme ve sınır koşullarını içeren model

Tablo 4. Simülasyonda kullanılan kesme koşulları

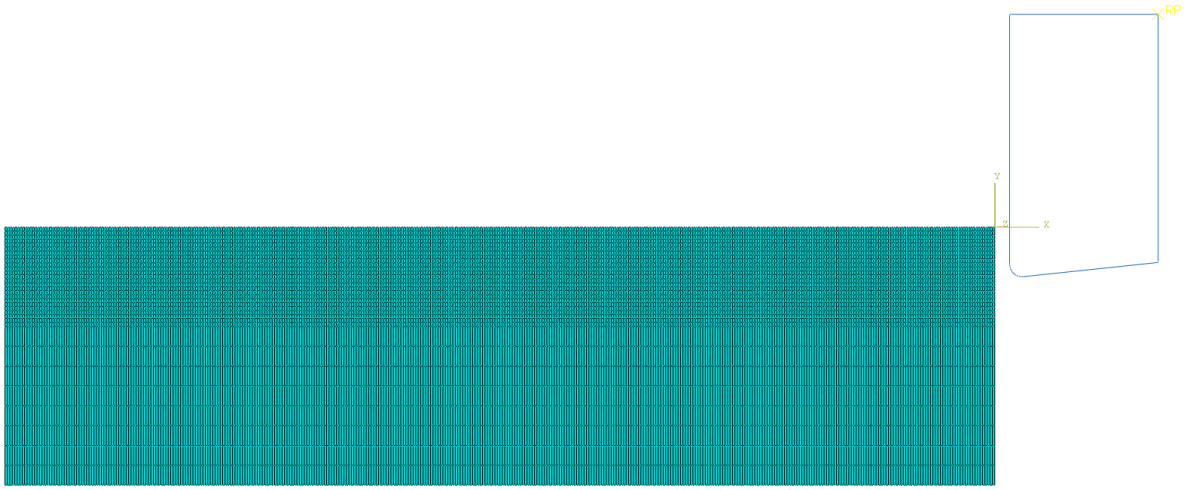
Analiz No	Kesme hızı, Vc (m/dak)	İlerleme, f (mm/dev)	Kesme derinliği, ap(mm)
1	60	0.1	1
2	60	0.15	1
3	60	0.25	1
4	180	0.1	1
5	180	0.15	1
6	180	0.25	1
7	300	0.1	1
8	300	0.15	1
9	300	0.25	1

2.4. Temas ve elemanlara ayırma

Bu çalışmada, takım ve iş parçası arasındaki etkileşimde basit Coulomb sürtünme modeli kullanılmıştır. Sürtünme formülasyonu Penalty olarak seçilmiş ve takım ile iş parçası arasındaki sürtünme katsayısı 0.3 olarak tanımlanmıştır. Normal doğrultudaki temas davranışı, temas halindeki yüzeylerin birbirinin içerisine geçmesini engelleyecek şekilde oluşturulmuştur. Takım, temas ettiği iş parçası üzerinde deformasyona neden olan ana yüzey (master), iş parçası ise yardımcı yüzey (slave) olarak kabul edilmiş ve yüzeyden yüzeye temas kurulmuştur.

İş parçası, dört düğümlü, dörtgen ve termomekanik analizlerine uygun CPE4RT elemanlar kullanılarak modellenmiştir. Ağ yapısının çözüm üzerindeki etkilerini azaltmak ve elemanların düzenli dağılımını sağlamak amacıyla yapılandırılmış (structured) ağ oluşturulmuştur. Hesaplamayı daha hızlı hale getirmek için azaltılmış entegrasyon elemanları kullanılmıştır. Talaş oluşumunun ve takım–iş parçası etkileşiminin gerçekleştiği kesme bölgesi daha sık bir ağ ile modellenirken, kesme bölgesinden uzak iş parçası bölgesi ise eleman sayısı en aza indirilecek şekilde kaba bir ağ ile oluşturulmuştur. Böylece deformasyonun yoğunlaştığı bölgelerde daha ayrıntılı bir çözüm elde edilirken, kritik olmayan bölgelerde gereksiz eleman kullanımından kaynaklanan hesaplama maliyetinin azaltılması amaçlanmıştır. Ağ yapısına sahip sonlu elemanlar modeli Şekil 3'te gösterilmiştir.

© 2026 ISARC Academy



Şekil 3. Ağ yapısına sahip sonlu elemanlar modeli

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı, titanyum alaşımı Ti-6Al-4V'nin sürdürülebilir dik kesme işlemi için kalıntı gerilme dağılımlarını (S11 ve S33) sonlu elemanlar yöntemini kullanarak tahmin etmektir. Ti-6Al-4V alaşımı, kesme hızı ve ilerleme hızı olmak üzere iki temel girdi parametresi ve her biri için üç seviye dikkate alınarak işleme tabi tutulmuştur. Tablo 5, her bir simülasyonun kalıntı gerilme sonuçlarını göstermektedir. 60 m/dak kesme hızı ve 0.1-0.25 mm/dev ilerleme hızlarında simüle edilen Ti-6Al-4V alaşımının işlenmesinde, S11 gerilme değerleri azalan bir değişim sergilemesine karşın, S33 gerilme değerlerinde artan bir değişim gözlemlenmiştir.

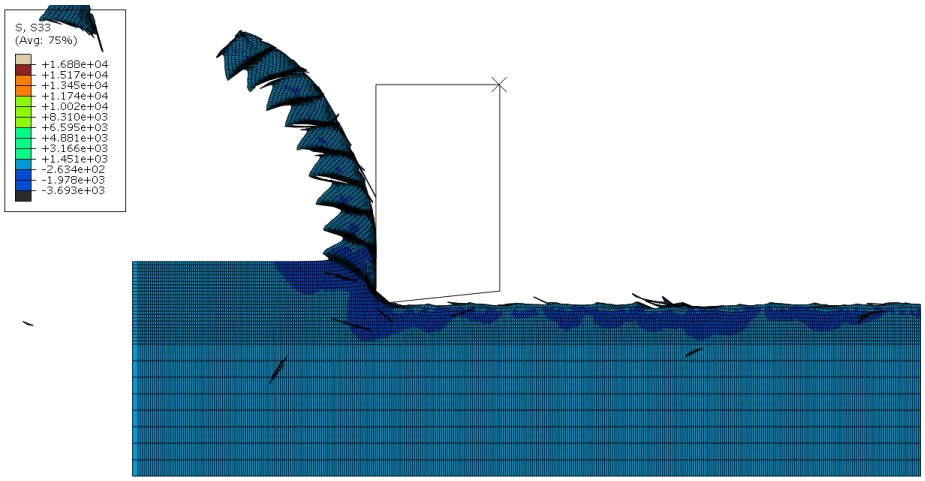
Tablo 5. Ti-6Al-4V'nin simülasyonundan elde edilen kalıntı gerilme değerleri

Analiz No	Kesme hızı, Vc (m/dak)	İlerleme, f (mm/dev)	Kesme derinliği, ap(mm)	Gerilme (MPa)	
				S11	S33
1	60	0.1	1	-385	-402
2	60	0.15	1	-438	-380
3	60	0.25	1	-671	-291
4	180	0.1	1	-422	418
5	180	0.15	1	-577	-548
6	180	0.25	1	-417	-332
7	300	0.1	1	-652	-618
8	300	0.15	1	-564	-417
9	300	0.25	1	-522	-513

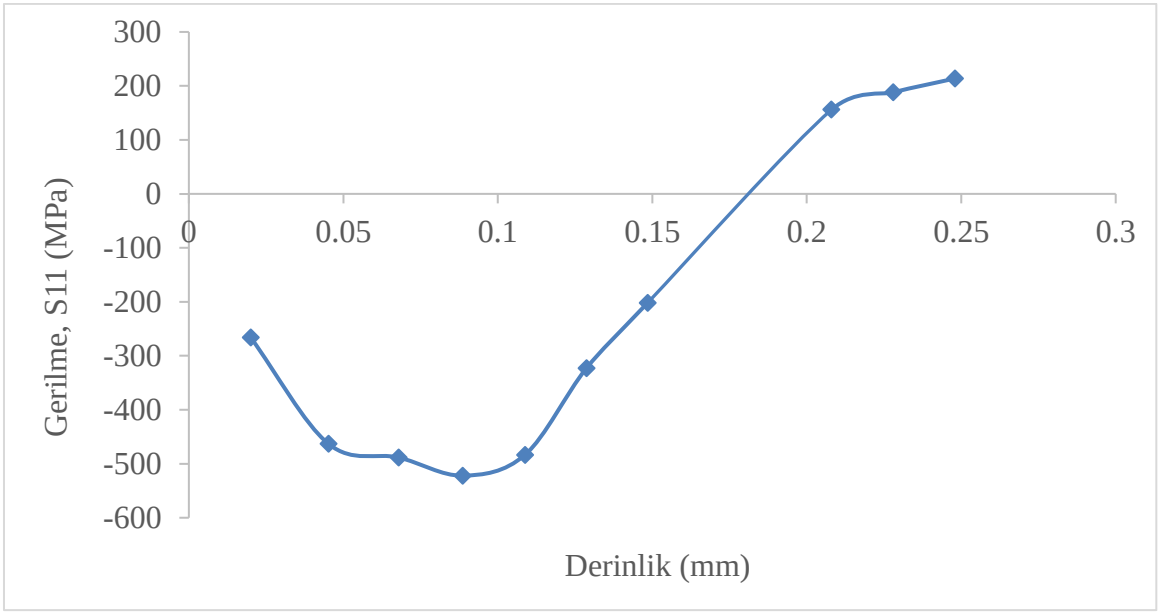
Kalıntı gerilme dağılımlarını belirlemek amacıyla kesici takım yeni oluşan iş parçası yüzeyinden uzaklaştırılmış ve yeni yüzeyden iş parçasının içerisine doğru kalıntı gerilme değerleri elde edilmiştir. Şekil 4, 300 m/dak ve 0.1 mm/dev koşulunda elde edilen S33 gerilme dağılımı desenini göstermektedir. Buna karşın, Şekil 5, 300 m/dak ve 0.25 mm/dev koşulunda elde edilen S11 gerilme dağılımını göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi, eğri bir kanca formuna benzemektedir ve iş parçasının içerisine doğru artan deformasyon nedeniyle, kancanın sırt kısmında -522 MPa büyüklüğünde bir gerilme değeri gözlemlenmiştir. Kalıntı gerilmelerin, yeni oluşturulan yüzeyde basma karakterinde olduğu, yüzeyin alt kısımlarında ise çekme karakterine dönüştüğü tespit edilmiştir. Bu durum, iş parçasının çalışma

© 2026 ISARC Academy

şartlarındaki ömrünü etkiler; böylece mekanik hasar riskini artırır ve iş parçasının çalışma performansını azaltır. Ayrıca, iş parçasının sürdürülebilir talaşlı imalatı sırasında önemli bir rol oynar (Singh 2025).



Şekil 4. 300 m/dak kesme hızı ve 0.10 mm/dev ilerleme koşulunda Ti-6Al-4V alaşımında elde edilen S33 gerilme sonuçları

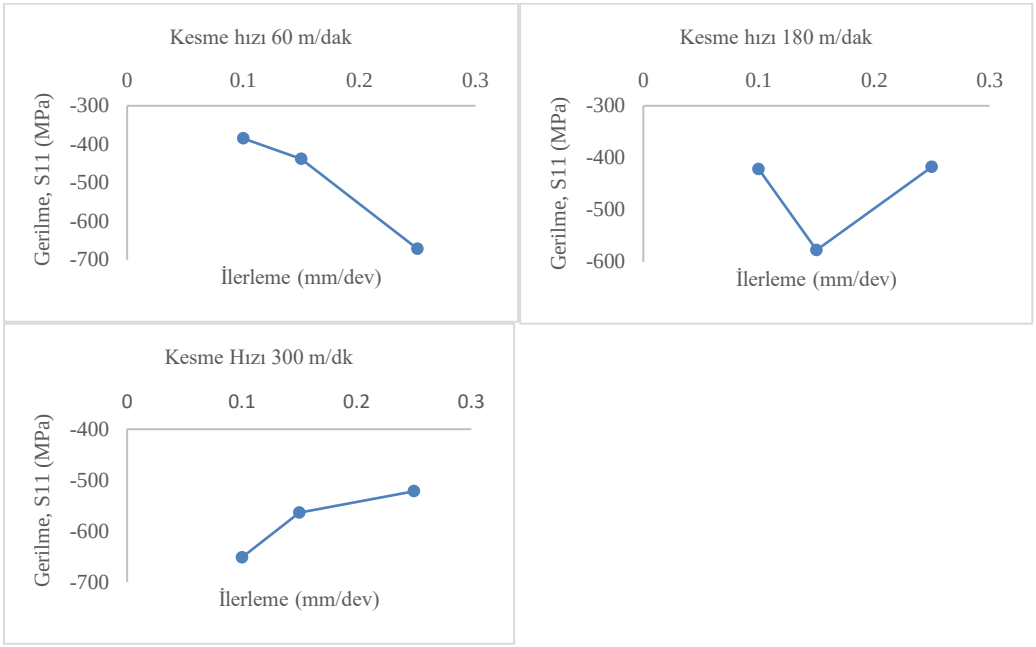


Şekil 5. 300 m/dak ve 0.25 mm/dev işleme koşulunda kalıntı gerilme (S11) dağılımı

Şekil 6 farklı kesme hızlarında elde edilen S11 kalıntı gerilme değerlerinin ilerleme hızına bağlı olarak değişimini göstermektedir. Sonuçlar incelendiğinde S11 kalıntı gerilmelerinin kesme hızı ve ilerleme hızına bağlı olarak farklı eğilimler sergilediği görülmüştür. 60 m/dak kesme hızında ilerleme hızı artırıldığında basma yönlü S11 gerilme değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık, 180 m/dak kesme hızında ilerleme hızındaki artışın S11 değerleri üzerinde düzenli ve doğrusal bir değişim oluşturmadığı görülmektedir. S11 kalıntı gerilme değeri 0.15 mm/dev ilerleme hızında en düşük seviyeye ulaşmış ve 0.25 mm/dev değerinde ise yeniden yükselmiştir. 300 m/dak kesme hızında ise ilerleme hızının artmasıyla basma yönlü S11 değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Bu sonuçlar, kesme hızı ve ilerleme hızının işleme bölgesindeki mekanik ve ısıl yüklerin değişiminde belirleyici rol

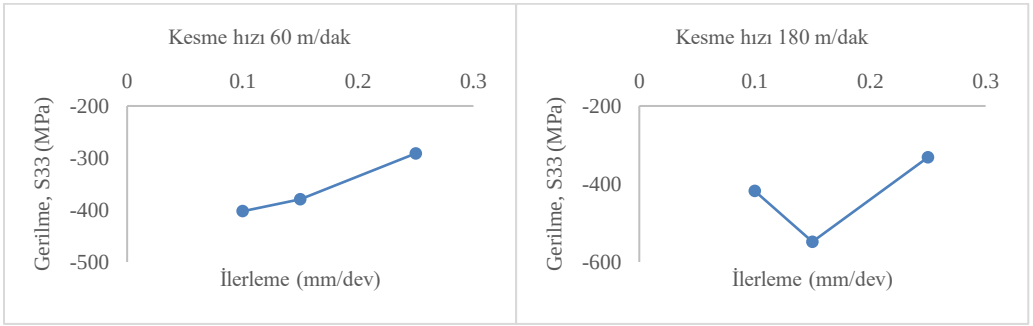
© 2026 ISARC Academy

oynadığını ve bu parametrelerin imalat süreçlerinde kritik bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. 60 m/dak kesme hızı ve 0.1 mm/dev ilerleme hızında en düşük S11 kalıntı gerilme değeri elde edilmiştir. Bu durum, düşük kesme hızında ve ilerleme hızında takım ile iş parçası arasındaki temas süresinin azalması ile açıklanabilir. Ayrıca, düşük kesme parametreleri kullanıldığında daha az sürtünme ısınması ve malzeme yumuşaması meydana gelir (Singh 2025).

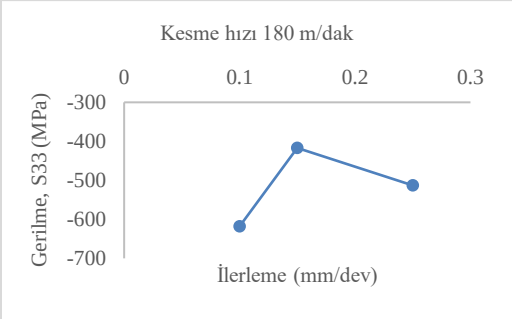


Şekil 6. Kesme hızı ve ilerleme hızının S11 kalıntı gerilmeleri üzerindeki etkisi

Şekil 7 farklı kesme hızlarında elde edilen S33 kalıntı gerilme değerlerini göstermektedir. 60 m/dak kesme hızında ilerleme hızı 0.1 mm/den 0.25 mm/dev'e yükseltildiğinde S33 değerlerinin de, S11 kalıntı gerilme değerlerinde olduğu gibi, arttığı gözlemlenmiştir. 180 m/dak kesme hızında ise ilerleme hızının 0.1 mm/dev değerinden 0.15 mm/dev değerine artırıldığında S33 değeri azalırken, 0.25 mm/dev değerinde gerilme değeri tekrar artmıştır. 300 m/dak kesme hızında ise ilerleme hızının 0.1 mm/dev değerinden 0.15 mm/dev değerine çıkarılmasıyla S33 değerinde yaklaşık %33 bir artış görülmüştür. İlerleme hızı 0.15 mm/dev'den 0.25 mm/dev değerine artırıldığında gerilme %23 azalma meydana gelmiştir. Genel olarak, ilerleme hızındaki değişimin S33 kalıntı gerilme değerleri üzerinde önemli bir etkileye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu etki, esasen ilerleme hızı artışının iş parçasının maruz kaldığı mekanik deformasyon miktarını, plastik akışı ve kesme kuvveti bileşenlerini doğrudan değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Benzer bir eğilim kesme hızı ile S33 kalıntı gerilme değerleri arasında da gözlemlenmiştir. Bu durum kesme hızının hem S11 hem de S33 kalıntı gerilme bileşenleri üzerinde belirleyici bir rol oynadığını açıkça ortaya koymaktadır.



© 2026 ISARC Academy



Şekil 7. Kesme hızı ve ilerleme hızının S33 kalıntı gerilmeleri üzerindeki etkisi

4. SONUÇ

Bu çalışmada, farklı işleme koşullarında Ti-6Al-4V alaşımının dik kesme işlemi sırasında oluşan kalıntı gerilme değişimleri sonlu elemanlar modeli kullanılarak incelenmiştir.

- İş parçasında meydana gelen S11 ve S33 gerilmelerinin derinlik boyunca değişimi ele alınmış ve bu değişimler ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.
- Talaş oluşumu gözlemlenmiş; talaşlı imalat kaynaklı kalıntı gerilmelerin yeni oluşturulan yüzeyde basma karakterinde olduğu, yüzeyin alt kısımlarında ise çekme karakterine dönüştüğü tespit edilmiştir.
- Kesme ve ilerleme hızlarındaki değişimin S11 ve S33 kalıntı gerilmeleri üzerinde farklı eğilimlere neden olduğu görülmüştür. 60 m/dak kesme hızında, ilerleme hızının artırılması basma yönlü S11 kalıntı gerilmelerinin artmasına neden olmuştur. Buna karşılık, aynı kesme hızında basma yönlü S33 kalıntı gerilmeleri, ilerleme hızının artmasıyla birlikte azalma eğilimi göstermiştir.
- Çalışmanın sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi, işleme koşullarının kalıntı gerilme davranışı üzerindeki etkisinin belirlenmesinin daha güvenilir üretim süreçlerinin oluşturulmasına katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Bu yaklaşım, özellikle işlenmesi güç olan Ti-6Al-4V alaşımının işlenmesi sırasında oluşan gerilme durumunun önceden öngörülmesi, üretim parametrelerinin daha bilinçli şekilde belirlenmesine ve işlenmiş parçanın istenen mekanik özellikleri sağlayabileceği koşulların araştırılmasına olanak sağlayabilir.
- Endüstriyel uygulamalarda nihai ürünün çoğunlukla birden fazla ve ardışık kesme işlemi sonucunda elde edilmesi nedeniyle, gelecekteki çalışmalarda, ardışık kesme işlemlerinin talaşlı imalat kaynaklı kalıntı gerilmeler üzerindeki etkisini inceleyen modellerin geliştirilmesine odaklanılmalıdır.

KAYNAKLAR

Aydın M. (2016). Dik kesme işleminde kalıcı gerilmelerin sonlu elemanlar yöntemiyle modellenmesi. Politeknik Dergisi 19(3), 297–304.

Chen L, El-Wardany TI, Harris WC. (2004). Modelling the effects of flank wear land and chip formation on residual stresses. CIRP Annals – Manufacturing Technology 53(1), 95–98.

Chen G, Ren C, Yang X, Jin X, Guo T. (2011). Finite element simulation of high-speed machining of titanium alloy (Ti-6Al-4V) based on ductile failure model. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 56, 1027–1038.

Childs THC, Arrazola PJ, Aristimuno P, Garay A, Sacristan I. (2018). Ti6Al4V metal cutting chip formation experiments and modelling over a wide range of cutting speeds. Journal of Materials Processing Technology 255, 898–913.

© 2026 ISARC Academy

De Micheli PO, Mocellin K. (2011). 2D high speed machining simulations using a new explicit formulation with linear triangular elements. International Journal of Machining and Machinability of Materials 9(3/4), 266.

Ducobu F, Rivière-Lorphèvre E, Filippi E. (2015). On the introduction of adaptive mass scaling in a finite element model of Ti6Al4V orthogonal cutting. Simulation Modelling Practice and Theory 53, 1–14.

Ducobu F, Arrazola PJ, Rivière-Lorphèvre E, De Zarate GO, Madariaga A, Filippi E. (2017). The CEL method as an alternative to the current modelling approaches for ti6al4v orthogonal cutting simulation. Procedia CIRP 58, 245–250.

Ehmann KF, Kapoor SG, DeVor RE, Lazoglu I. (2006). Machining processes modelling: A review. Journal of Manufacturing Science and Engineering 119, 655–663.

Gao Y, Wang G, Liu B. (2016). Chip formation characteristics in the machining of titanium alloys: a review. International Journal of Machining and Machinability of Materials 18(1/2), 155.

Hua J, Shivpuri R, Umbrello D. (2006). Investigation of cutting conditions and cutting edge preparations for enhanced compressive subsurface residual stress in the hard turning of bearing steel. Journal of Materials Processing Technology 171(2) 180–187.

Johnson GR, Holmquist TJ. (1989). Test data and computational strengthen and fracture model constants for 23 materials subjected to large strain, high-strain rates, and high temperatures. Los Alamos National laboratory, LA-11463-MS.

Liu CR, Guo YB. (2000). Finite element analysis of the effect of sequential cuts and tool–chip friction on residual stresses in a machined layer. International Journal of Mechanical Sciences 42, 1069–1086.

Marimuthu P, Thirtha Prasada HP, Chethan Kumar CS. (2018). 3D finite element model to predict machining induced residual stresses using arbitrary lagrangian eulerian approach. Journal of Engineering Science and Technology 13(2), 309–320.

Nasr M, Ng EG, Elbestawi MA. (2007). Modelling the effects of tool-edge radius on residual stresses when orthogonal cutting AISI316L. International Journal of Machine Tools and Manufacture 47, 401–411.

Niesłony P, Grzesik W, Laskowski P, Sienawski J. (2014). Numerical and experimental analysis of residual stresses generated in the machining of Ti6A14V titanium alloy. Procedia CIRP 13, 78–83.

Okushima K, Kakino Y. (1972). A study on the residual stress produced by metal cutting. Memoirs of the Faculty of Engineering 34, 234–248.

Outeiro JC, Dias AM, Lebrun JL, Astakhov VP. (2002). Machining residual stresses in AISI316L steel and their correlation with the cutting parameters. Machining Science and Technology 6(2), 251–270.

Salio M, Berruti T, De Poli G. (2006). Prediction of residual stress distribution alter turning in turbine disks. International Journal of Mechanical Sciences 48, 976–984.

Singh J, Mahajan A, Kumar A. (2025). Sustainable machining of magnesium alloy (AZ31): investigating tool wear and surface roughness under various conditions. Physica Scripta 100, 055977.

Thiele JD, Melkote SN, Peascoe RA, Watkins TR. (2000). Effect of cutting edge geometry and workpiece hardness on surface residual stresses in finish hard turning of AISI 2100 steel. Journal of Manufacturing Science and Engineering 122, 642–649.

Umbrello D. (2008). Finite element simulation of conventional and high speed machining of Ti6Al4V alloy. Journal of Materials Processing Technology 196(1–3), 79–87.

Vaz M Jr, Owen DRJ, Kalhori V., Lundblad M., Lindgren LE. (2007). Modelling and simulation of machining processes. Archives of Computational Methods in Engineering 14, 173–204.

© 2026 ISARC Academy

Wiesner C. (1992). Residual stresses after orthogonal machining of AISI 304: numerical calculation of the thermal component and comparison with experimental results. Metallurgical Transactions A 23A, 989–995.

© 2026 ISARC Academy

GÜNEY KARADENİZ'İN FARKLI BÖLGELERİNDEN TOPLANAN *GONGOLARIA BARBATA*'NIN DPPH RADİKAL SÜPÜRME AKTİVİTESİ VE FTIR SPEKTRAL ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Dr. Öğr. Üyesi Pınar AKDOĞAN ŞİRİN

Ordu University, Fatsa Faculty of Marine Sciences, Department of Fisheries Technology Engineering, Ordu, Turkey

ORCID ID: 0000-0001-8518-0044

Dr. Öğr. Üyesi Caner ŞİRİN

Ordu University, Fatsa Faculty of Marine Sciences, Department of Fisheries Technology Engineering, Ordu, Turkey

ORCID ID: 0000-0001-6796-6852

Prof. Dr. Mehmet AYDIN

Ordu University, Fatsa Faculty of Marine Sciences, Department of Fisheries Technology Engineering, Ordu, Turkey

ORCID ID: 0000-0003-1163-6461

ÖZET

Makroalg türleri, sahip oldukları biyoaktif bileşikler sayesinde sağlık ve tıp alanında giderek daha fazla ilgi gören doğal kaynaklar arasında yer almaktadır. Özellikle fenolik bileşikler, pigmentler, polisakkaritler ve diğer sekonder metabolitler bakımından zengin olmaları, makroalg türlerini antioksidan özellik gösteren ve oksidatif stresin azaltılmasına katkı sağlayabilecek doğal bileşiklerin elde edilmesi açısından önemli kılmaktadır. Bu özellikleri sayesinde makroalgler, fonksiyonel gıdalar, nutrasötikler, farmasötik ürünler ve doğal içerikli kozmetik ürünlerinin geliştirilmesinde önemli bir ham madde kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'nin Ordu ilindeki üç farklı bölgeden (Altınordu, Perşembe ve Ünye) toplanan kahverengi makroalg *Gongolaria barbata*'nın antioksidan aktivitesi ve fonksiyonel grup özellikleri incelenmiştir. Örneklerin antioksidan potansiyeli, referans antioksidanlar olarak Trolox ve askorbik asit kullanılarak 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikal süpürme yöntemiyle değerlendirilmiştir. Kurutulmuş alg biyokütlesindeki temel fonksiyonel grupları karakterize etmek amacıyla Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi kullanılmıştır. DPPH analizi ile antioksidan aktivitede, örnekleme yapılan bölgeye bağlı olarak farklılıklar olduğu ortaya konmuştur. Altınordu, Perşembe ve Ünye örnekleri için IC_{50} değerleri sırasıyla 23.12 µg mL^{-1}, 38.86 µg mL^{-1} ve 19.83 µg mL^{-1} olarak tespit edilmiştir. Ünye'den toplanan makroalg örneği, üç makroalg örneği arasında en güçlü radikal süpürme aktivitesini sergilemiştir. FTIR analizlerinde makroalg türlerinin hidroksil, alifatik, karboksilat ve sülfat grupları ile polisakkarit yapılarına ait karakteristik absorpsiyon bantları belirlenmiştir. Bu spektral özellikler, kahverengi alg hücre duvarı bileşenlerine özgü fonksiyonel grupları da içeren, polisakkarit yapılı bileşiklerin varlığına işaret etmektedir. Genel olarak bulgular, *G. barbata*'nın antioksidan aktivitesinin örnekleme bölgelerine göre değişkenlik gösterdiğini ortaya koyarken, FTIR spektrumlarının bölgeler arasında benzer fonksiyonel grup profili gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, bu makroalgin doğal antioksidan bileşiklerin bir kaynağı olma potansiyelini vurgulamakta ve biyokimyasal bileşimi ile biyoteknolojik uygulamalara yönelik ileri araştırmalar için bir temel oluşturmaktadır.

Anahtar kelimeler: *Gongolaria barbata*, DPPH, FTIR, antioksidan aktivite

© 2026 ISARC Academy

COMPARATIVE ANALYSIS OF DPPH RADICAL SCAVENGING ACTIVITY AND FTIR SPECTRAL CHARACTERISTICS OF *GONGOLARIA BARBATA* COLLECTED FROM DIFFERENT LOCATIONS IN THE SOUTHERN BLACK SEA

ABSTRACT

Macroalgae have attracted increasing interest in the areas of health and medicine owing to their diverse bioactive compounds. Their richness in phenolic compounds, pigments, polysaccharides, and other secondary metabolites makes them promising sources of natural antioxidants that may help mitigate oxidative stress. These properties highlight the potential of macroalgae as raw materials for the development of functional foods, nutraceuticals, pharmaceutical products, and cosmetics containing natural ingredients. In this study, the antioxidant activity and functional group characteristics of the brown macroalga *Gongolaria barbata*, collected from three locations in Ordu Province, Türkiye (Altınordu, Perşembe, and Ünye), were investigated. Antioxidant activity was evaluated using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay, with Trolox and ascorbic acid serving as reference antioxidants. Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy was used to characterise the major functional groups present in the dried algal biomass. The DPPH assay revealed differences in antioxidant activity among the sampling locations, with IC_{50} values of 23.12, 38.86, and 19.83 µg mL^{-1} for the Altınordu, Perşembe, and Ünye samples, respectively. The Ünye sample exhibited the strongest radical scavenging activity among the three samples. FTIR analysis revealed characteristic absorption bands associated with hydroxyl, aliphatic C–H, carboxylate, and sulphate groups, as well as polysaccharide structures. These spectral features are consistent with the presence of functional groups associated with polysaccharides and other structural components of brown algal biomass. Overall, although the antioxidant activity of *G. barbata* varied among sampling locations, the FTIR spectra showed broadly similar functional group profiles. The results highlight the potential of *G. barbata* as a source of natural antioxidant compounds and provide a basis for further investigations into its biochemical composition and biotechnological applications.

Keywords: *Gongolaria* barbata, DPPH, FTIR, antioxidant activity

1. INTRODUCTION

Macroalgae have attracted increasing attention as versatile feedstocks for a wide range of applications, driven by the growing demand for healthier and functional raw materials in the food and nutraceutical sectors (Cikoš et al. 2020), the increasing consumer preference for natural ingredients in cosmetics (Lourenço-Lopes et al. 2020), the transition towards bio-based alternatives to conventional plastic materials (Lim et al. 2021), and the growing interest in biofuels as alternatives to fossil-based energy sources (Gao et al. 2020). In recent years, increasing consumer demand for functional foods has also heightened interest in the nutritional and bioactive compounds found in macroalgae (Kaur et al. 2025). The nutritional profile of algae generally consists of minerals (7-36%), lipid (1-5%), polysaccharides (15-76%), and proteins (5-47%) (Anyanwu et al. 2018; Praveen et al. 2019).

Macroalgae have evolved metabolic strategies that allow them to tolerate the strong physical and biological stresses of coastal habitats, and the metabolites arising from these adaptations include polysaccharides, phenolic compounds, vitamins, and minerals (Torres et al. 2019; Garcia-Vaquero et al. 2020). Due to the use of these compounds in pharmaceutical, functional food, and nutraceutical applications, there is growing interest in their extraction from macroalgal species (Daliu et al. 2019). Among these compounds, macroalgal polysaccharides have been investigated as nutraceuticals owing to their broad spectrum of biological properties, including antioxidant activity (García-Vaquero and Hayes 2016; Garcia-Vaquero et al. 2017). There is evidence linking the excessive production of reactive oxygen species (ROS) to ageing and various chronic diseases, including cancer, cardiovascular diseases, and neurodegenerative disorders (Huang 2018). Oxygen is one of the most important components of metabolic pathways in all aerobic organisms. A highly oxidizing environment promotes the production of free radicals, which are defined as chemical species containing unpaired valence electrons (Nordberg

© 2026 ISARC Academy

and Arnér 2001). Reactive oxygen species (ROS) comprise both free radicals, such as the superoxide anion (O_2^-), and the hydroxyl radicals (OH), and non-radical oxidants, among which, hydrogen peroxide (H_2O_2) is the most abundant in biological systems (Halliwell 2007; Valko et al. 2007). ROS are produced as byproducts of normal cellular processes and oxygen metabolism, and they play fundamental roles in various important biochemical processes, including defence against infections, vasodilation, neurotransmission, gene regulation, and oxidative signalling (Valko et al. 2007; Rada and Leto 2008). A disruption in the balance of pro-oxidant/antioxidant processes within cells can lead to redox imbalance and oxidative stress, resulting in the excessive formation of ROS and free radicals, which causes severe cellular damage (Gammone et al. 2015; Nimse and Pal 2015). Beyond their physological roles, ROS and free radicals contribute, through oxidative stress, to the onset and progression of a wide range of disorders including cardiovascular and neurodegenerative diseases (Vega et al. 2020; Siti et al. 2015). The antioxidant defence system of living organisms against free radicals comprises both enzymatic and non-enzymatic antioxidants (Sulthana et al. 2012). For example, ascorbic acid (vitamin C), tocopherol (vitamin E), β-carotene, flavonoids, and polyphenols are non-enzymatic antioxidant compounds that are produced endogenously in response to oxidative stress or obtained through diet (Young and Woodside 2001). One of the most effective and widely used strategies for reducing oxidative stress is supplementation of exogenous antioxidants (Tziveleka et al. 2021). Since 2007, antioxidants have been defined as “any substance that delays, prevents, or eliminates oxidative damage to a target molecule” (Halliwell 2007). Macroalgae are considered an important source of natural bioactive compounds, particularly those with antioxidant properties. Bioactive compounds found in macroalgae exhibit a wide range of biological activities, including antioxidant, antiviral, antibacterial, antiallergic, and anticoagulant activities (Kumar et al. 2020; Gupta and Abu-Ghannam 2011). Studies have reported that macroalgal bioactive compounds, including polysaccharides, can exhibit effective antioxidant and antiviral activities (Fu et al. 2024). In recent years, numerous bioactive compounds, particularly natural antioxidants capable of mitigating oxidative stress induced by reactive oxygen species, have been isolated from macroalgae (Kalaiselvan et al. 2024; Tenorio-Rodriguez et al. 2017). Red (Rhodophyta), green (Chlorophyta), and brown (Phaeophyta) macroalgae contain a wide variety of natural compounds with potential antioxidant properties (Osuna-Ruiz et al. 2016).

The antioxidant activity of *Gongolaria barbata* (synonym: *Cystoseira barbata*), a brown macroalga species distributed across various parts of the Black Sea region and rich in phenolic compounds, flavonoids, tannins, terpenoids, and fatty acids (Ak and Turker 2018; Öztaşkent and Ak 2021; Ak et al. 2022) was determined using the 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay method. In addition, the functional groups and major biomolecular components of the species were characterized using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) analysis. Regional variations in the species were evaluated by comparing the antioxidant activities and FTIR spectra of *G. barbata* samples collected from different locations.

2. MATERIAL AND METHODS

Macroalgal samples were collected manually from designated sampling stations in Altınordu, Perşembe, and Ünye districts of Ordu Province, located along the southern coast of the Black Sea, at depths of 0-1 m. The collected samples were transported to the laboratory in seawater and rinsed with sterilised seawater to remove epiphytes, sand, and other foreign materials (Song et al. 2019). Morphological analyses were performed according to Mannino et al. (2026) (Figure 1). A portion of the collected macroalgal samples was dried between sheets of absorbent paper, and the resulting dry biomass was used for FTIR and DPPH analyses. *G. barbata* specimens collected from the Altınordu, Perşembe, and Ünye regions were designated as GB1, GB2, and GB3, respectively.

© 2026 ISARC Academy



Figure 1. General appearance of *Gongolaria barbata*

The antioxidant activities of *G. barbata* extracts were evaluated using the DPPH radical scavenging analysis. Ascorbic acid and Trolox were used as positive controls. The IC_{50} value was determined by plotting the percentage of DPPH radical inhibition against the extract concentrations and applying nonlinear regression analysis. The IC_{50} was defined as the concentration of the extract required to scavenge 50% of the DPPH radicals (Ak et al. 2022). Dried samples of the macroalgal species were analysed using an FTIR spectrophotometer (Bruker Tensor 27) over the spectral range of 4000-400 cm^{-1} to identify their functional groups.

3. RESULTS AND DISCUSSION

FTIR spectroscopy of the dried macroalgal samples was performed over the absorption range of 4000-400 cm^{-1}. The FTIR analysis results for samples GB1, GB2, and GB3 are presented in Figure 2. The peaks corresponding to O–H vibrations were observed at 3259.74, 3275.79, and 3282.93 cm^{-1} in GB1, GB2, and GB3, respectively, while the peaks corresponding to C–H vibrations were observed at absorption bands of 2924.86, 2922.65, and 2926.50 cm^{-1} in GB1, GB2, and GB3, respectively. The peaks corresponding to asymmetric stretching of COO^- were observed at 1608.20, 1615.46, and 1608.64 cm^{-1} in GB1, GB2, and GB3, respectively, while those corresponding to symmetric stretching of COO^- were observed at 1409.80, 1417.54, and 1417.26 cm^{-1}, respectively. Absorption bands associated with sulphate esters were observed at 1251.59, 1228.82, and 1218.48 cm^{-1} in GB1, GB2, and GB3, respectively, whereas C–O–S bending vibrations were detected at 821.79, 825.21, and 825.12 cm^{-1}, respectively. Absorption bands associated with the presence of C–O–C and C–O–H groups were detected at 1164.86, 1161.01, and 1161.01 cm^{-1} and at 1029.94, 1024.77, and 1027.62 cm^{-1} in GB1, GB2, and GB3, respectively.

© 2026 ISARC Academy

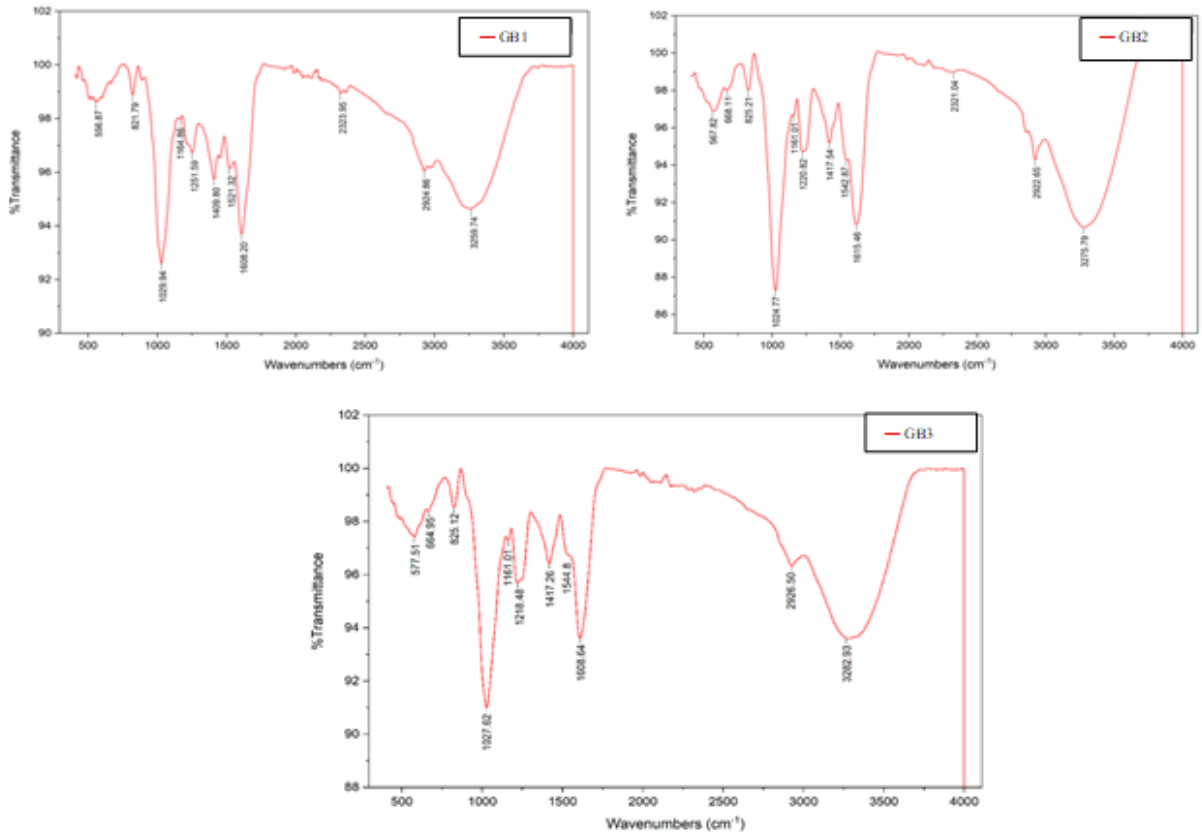


Figure 2. FTIR spectra of *G. barbata* collected from Altınordu (GB1), Perşembe (GB2), and Ünye (GB3)

The half-maximal scavenging concentration (IC_{50}), which is used to determine antioxidant efficiency, represents the concentration of an antioxidant required to reduce the DPPH concentration by 50% (Brand-Williams et al. 1995; Gulcin 2025). The IC_{50} values, which provide information on the antioxidant activity of *G. barbata*, varied depending on the sampling location of the macroalgal species (Table 1). The IC_{50} values of Trolox and ascorbic acid, used as standard antioxidant references, were determined as 11.05 µg mL^{-1} and 19.33 µg mL^{-1}, respectively. In the macroalgal extracts, the IC_{50} values of the GB1, GB2, and GB3 samples were determined as 23.12 µg mL^{-1}, 38.86 µg mL^{-1}, and 19.83 µg mL^{-1}, respectively.

Table 1. DPPH IC_{50} (µg mL^{-1}) values of *G. barbata* collected from different sampling stations

	Trolox	**Ascorbic acid**	**GB1**	**GB2**	**GB3**
DPPH IC_{50} (µg mL^{-1})	11.05	19.33	23.12	38.86	19.83

GB1–*G. barbata* collected from the Altınordu station; GB2–*G. barbata* collected from the Perşembe station; GB3–*G. barbata* collected from the Ünye station.

Previous studies on seaweeds have identified several characteristic bands associated with algal polysaccharides. These bands have been reported to correspond to O–H stretching vibrations in the 3200-3400 cm^{-1} absorption region, C–H stretching in the 2927-2891 cm^{-1} region, C=O stretching in the 1638-1597 cm^{-1} region, S=O bond vibrations in the 1247-1257 cm^{-1} region, C–H stretching vibrations in the 1134-1150 cm^{-1} region, and β-pyranose structures in the 891-882 cm^{-1} region (He et al. 2016; Krishnan et al. 2024). Bands observed between 1600 and 1300 cm^{-1} have been reported to correspond

© 2026 ISARC Academy

to the stretching vibrations of carboxyl groups (Sun et al. 2014). In the samples of GB1, GB2, and GB3, asymmetric stretching of carboxylate ($–COO^-$) groups was detected at absorption bands between 1608 and 1615 cm^{-1}, while symmetric stretching of the carboxylate groups was simultaneously observed at absorption bands between 1409.80 and 1417.54 cm^{-1}. The simultaneous occurrence of these absorption bands is characteristic of the asymmetric and symmetric stretching vibrations of the carboxylate groups of alginate, which is a major structural polysaccharide in brown algae, and provides information on the presence of uronic acid residues, particularly guluronic acid and mannuronic acid (El-Sheekh et al. 2025). The absorption band around 1255 cm^{-1} is associated with the asymmetric O–S–O stretching vibration of sulphate esters (Sellimi et al. 2014), whereas the absorption band around 830 cm^{-1} corresponds to the C–O–S stretching vibration (Ptak et al. 2021). In samples of *G. barbata* collected from different sampling locations, the S=O stretching vibrations of sulphate esters were observed at absorption bands ranging from 1218.48 to 1251.59 cm^{-1}, while the sulphate ester groups in the polysaccharide fractions corresponding to the C–O–S bending vibration were represented by peaks at absorption bands ranging from 821.79 to 825.21 cm^{-1} (Kumaran et al. 2024; Ptak et al. 2021). Sabir et al. (2025), in a study of three different *G. barbata*, reported that the peaks occurring in the 800-1250 cm^{-1} region were associated with sulphate groups. Absorption bands ranging from 1000 to 1200 cm^{-1} are associated with the presence of C–O–C and C–O–H groups (Song et al. 2024). The biochemical composition, particularly the polysaccharide compounds, of *Eucheuma denticulatum*, *Solieria chordalis*, and *Sargassum muticum* has been reported to vary seasonally, and these changes have been detected through differences in absorption bands using FTIR analysis (Vandanjon et al. 2023). In FTIR analyses of fucoidan and alginate polysaccharides extracted from the brown alga *Sargassum muticum*, the characteristic spectral bands of fucoidan were reported at 1220 cm^{-1}, corresponding to S=O vibrations; 1020 cm^{-1}, corresponding to O=S vibrations; and 820 cm^{-1}, corresponding to C–O–S vibrations. In addition, absorption peaks were observed at 1600 cm^{-1} for C–C, 1410 cm^{-1} for C=O, 1026 cm^{-1} for C–OH, and at 1081 and 797 cm^{-1} for O=S=O vibrations (Vandanjon et al. 2023). FTIR analyses of the crude polysaccharides obtained from three different *Cystoseira* species (*Cystoseira baccata*, *Cystoseira myriophylloides* and *Cystoseira mediterranea*) collected from the Moroccan coast revealed that the three species exhibited similar spectra (Sabir et al. 2025). In the same study, the absorption bands concentrated in the range of 3000-3600 cm^{-1} (3265, 3267, and 3264 cm^{-1}) were attributed to O–H stretching vibrations, while the peaks at 1417 and 1589 cm^{-1} were assigned to asymmetric and symmetric stretching vibrations of C=O groups, respectively. The absorption bands observed at 1217-1225 cm^{-1} were attributed to S=O stretching vibrations, whereas the peak at 1030 cm^{-1} was assigned to vibrations associated with pseudosymmetric sulphate groups (O=S=O). The peak observed at 817 cm^{-1} was attributed to sulphate groups in equatorial positions. In a study investigating the removal of radioactive ions from aqueous solutions, the functional groups identified in *Cystoseira barbata* were assigned as follows: 3428 cm^{-1}, O–H and N–H stretching; 2933 cm^{-1}, C–H stretching; 1654 cm^{-1}, C=O group (amide); 1429 cm^{-1}, C–O stretching; 1231 cm^{-1}, C–O of carboxyl groups; 1051 cm^{-1}, S=O stretching; and 832 cm^{-1}, S–O stretching (Ozudogru and Merdivan 2020). For *Cystoseira barbata* collected from Romanian coast, the FTIR absorption bands were assigned as follows: the band at 3353 cm^{-1} was attributed to the O–H group, the band at 1608 cm^{-1} to N–H bending, indicating the presence of amine groups, the band at 2925 cm^{-1} to vibrations of C–H bonds, and the band at 1031 cm^{-1} to the C–O bond (Cioroiu Tirpan et al. 2021). In a study conducted by Bengourna et al. (2024) on *Cystoseira sedoides*, the peak at 3265 cm^{-1} was associated with O–H groups related to the hydroxyl or carboxyl groups of polysaccharides (Allam et al. 2021; El-Sharkawy et al. 2020). The peak at 2920 cm^{-1} was attributed to symmetric C–H stretching vibrations, while the peaks at 1596 and 1410 cm^{-1} were assigned to asymmetric and symmetric COO^- stretching vibrations, respectively (You et al. 2019). The peak at 1089 cm^{-1} was attributed to C–C and C–O stretching vibrations (Badita et al. 2020), whereas the peak at 1011 cm^{-1} was associated with C–O bonds in the saccharide structure, as well as guluronic acids and glycosidic linkages (Chan et al. 2020). The peak observed at 868 cm^{-1} was attributed to C–H bending vibrations in aromatic groups (Reichenbächer and Popp 2012).

In this study, the lowest IC_{50} value (19.83 µg mL^{-1}) was determined for *G. barbata* collected from the GB3 region. This value was quite similar to the IC_{50} value of ascorbic acid (19.33 µg mL^{-1}), which was used as an antioxidant standard in the study, whereas *G. barbata* exhibited lower antioxidant activity

© 2026 ISARC Academy

than the other standard, Trolox (11.05 µg mL^{-1}). A comparison of the DPPH radical scavenging activities of macroalgal species based on their IC_{50} values revealed differences in antioxidant activity among species and sampling sites. A lower IC_{50} value indicates that a lower extract concentration is required to scavenge 50% of DPPH radicals, thereby reflecting greater radical-scavenging activity. Among the values reported in the literature, *Cystoseira compressa* exhibited the lowest IC_{50} value (12.0 µg mL^{-1}), whereas the values reported for *Cystoseira crinita* and *Zanardinia typus* were 20.0 and 24.72 µg mL^{-1}, respectively. In contrast, IC_{50} values of 75.0 µg mL^{-1} for *Cystoseira sedoides* and 971.36 µg mL^{-1} for *Cystoseira barbata* have been reported, indicating substantial variation in radical scavenging activity among the macroalgae investigated (Mhadhebi et al. 2014; Keskinkaya 2022; Sökmen et al. 2016). In the present study, the IC_{50} value of GB3 was close to that reported for *C. crinita* (20.0 µg mL^{-1}) and lower than that reported for *Z. typus* (24.72 µg mL^{-1}). Similarly, the IC_{50} value of GB1 was comparable to that reported for *Z. typus*. Although GB2 exhibited a higher IC_{50} value than the other two samples, its value remained substantially lower than those reported for *C. sedoides* and *C. barbata*. The differences observed among GB1, GB2, and GB3, which represent samples of the same macroalgal species, suggest that sampling location and environmental conditions may influence antioxidant activity. However, further investigation of phenolic compound content, extraction yield, seasonal variations and environmental factors is required to elucidate the underlying causes of these differences. In addition, extraction methods, solvents, experimental conditions and calculation approaches may influence IC_{50} values across studies. Therefore, comparisons with the literature should be interpreted with these methodological differences in mind.

4. CONCLUSIONS

Gongolaria barbata exhibited promising DPPH radical scavenging activity, particularly in GB3, which showed the lowest IC_{50} value (19.83 µg mL^{-1}). FTIR analysis identified various functional groups associated with hydroxyl, carbonyl, carboxylate, sulphate and carbohydrate structures. Differences among samples suggested potential variations in biochemical composition. These findings highlight the potential of *G. barbata* as a natural source of bioactive compounds, although further studies are needed to identify the compounds responsible for its antioxidant activity and verify their biological effects.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study used data from the Scientific Research Projects (BAP) project coded A-2127, financially supported by Ordu University.

REFERENCES

Ak I, Turker G. (2018). Antioxidant properties and phytochemicals of three brown macro algae from the Dardanelles (Çanakkale) Strait. Agricultural Science and Technology (1313-8820), 10(4), 354-357.

Ak I, Çankırılıgil EC, Türker G, Sever O, Abomohra A. (2022). Enhancement of antioxidant properties of *Gongolaria barbata* (Phaeophyceae) by optimization of combined light intensity and salinity stress. Phycologia, 61(6), 584-594.

Allam EA, El-Sharkawy RM, Gizawy MA, Mahmoud ME. (2021). Assembly of CeO2–MoO3–SiO2 (CH2) 3-(Alginate) 2 As A novel nanocomposite for removal of MnII/CrVI and 56Mn/51Cr radionuclides from water. Materials Chemistry and Physics, 262, 124278.

Anyanwu R, Rodriguez C, Durrant A, Olabi AG. (2018). Micro-macroalgae properties and applications. In Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. Elsevier BV.

Badita CR, Aranghel D, Burducea C, Mereuta P. (2020). Characterization of sodium alginate based films. Romanian Journal of Physics, 65(1-2), 1-8.

© 2026 ISARC Academy

Bengourna N, Belguidoum K, Khalla D, Nacef M, Kouadri I, Benhamida A, Amira-Guebailia H, Brouk A, Affoune AM, Satha H. (2024). Exploring the efficacy of *Cystoseira sedoides* alga for cadmium and copper biosorption: an integrated experimental and computational study. RSC Advances, 14(52), 38721-38738.

Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food science and Technology, 28(1), 25-30.

Chan HM, Nyam KL, Yusof YA, Pui LP. (2020). Investigation of properties of polysaccharide-based edible film incorporated with functional *Melastoma malabathricum* extract. Carpathian Journal of Food Science & Technology, 12(1), 120-133.

Cikoš AM, Čož-Rakovac R, Šubarić D, Jerković I, Ačkar Đ. (2020). Macroalgae in the Food Industry–Opportunities and Challenges. Engineering Power: Bulletin of the Croatian Academy of Engineering, 15(3), 14-19.

Cioroiu Tirpan DR, Sterpu AE, Koncsag CI, Ciufu AG, Dobre T. (2021). Enzymatic process for *Cystoseira barbata* valorization: Ethanol production and additional by-products. Processes, 9(5), 741.

Daliu P, Santini A, Novellino E. (2019). From pharmaceuticals to nutraceuticals: Bridging disease prevention and management. Expert Review of Clinical Pharmacology, 12(1), 1-7.

El-Sharkawy RM, Allam EA, Mahmoud ME. (2020). Functionalization of CeO2-SiO_2-(CH_2) 3-Cl nanoparticles with sodium alginate for enhanced and effective CdII, PbII, and ZnII ions removal by microwave irradiation and adsorption technique. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 14, 100367.

El-Sheekh MM, Bases E, El Shafay SM, El-Shenody RA, Elshobary ME, Abdel Wahab AHA, Yousuf WE, Essa DI, Alkafaas SS. (2025). Therapeutic Evaluation of Alginate from Brown Seaweeds: A Comparative Study of *Turbinaria ornata* and *Hormophysa cuneiformis*. Pharmaceuticals, 18(11), 1720.

Fu Y, Jiao H, Sun J, Okoye CO, Zhang H, Li Y, Lu X, Wang Q, Liu J. (2024). Structure-activity relationships of bioactive polysaccharides extracted from macroalgae towards biomedical application: A review. Carbohydrate Polymers, 324, 121533.

Gammone MA, Riccioni G, D'Orazio N. (2015). Marine carotenoids against oxidative stress: effects on human health. Marine Drugs, 13(10), 6226-6246.

Gao G, Burgess JG, Wu M, Wang S, Gao K. (2020). Using macroalgae as biofuel: current opportunities and challenges. Botanica Marina, 63(4), 355-370.

García-Vaquero M, Hayes M. (2016). Red and green macroalgae for fish and animal feed and human functional food development. Food Reviews International, 32(1), 15-45.

García-Vaquero M, Rajauria G, O'Doherty JV, Sweeney T. (2017). Polysaccharides from macroalgae: Recent advances, innovative technologies and challenges in extraction and purification. Food Research International, 99, 1011-1020.

Garcia-Vaquero M, Ummat V, Tiwari B, Rajauria G. (2020). Exploring ultrasound, microwave and ultrasound–microwave assisted extraction technologies to increase the extraction of bioactive compounds and antioxidants from brown macroalgae. Marine Drugs, 18(3), 172.

Gulcin İ. (2025). Antioxidants: a comprehensive review. Archives of Toxicology, 99(5), 1893-1997.

Gupta S, Abu-Ghannam N. (2011). Bioactive potential and possible health effects of edible brown seaweeds. Trends in Food Science & Technology, 22(6), 315-326.

Halliwell B. (2007). Biochemistry of oxidative stress. Biochemical Society Transactions, 35(5), 1147-1150.

He J, Xu Y, Chen H, Sun P. (2016). Extraction, structural characterization, and potential antioxidant activity of the polysaccharides from four seaweeds. International Journal of Molecular Sciences, 17(12), 1988.

© 2026 ISARC Academy

Huang D. (2018). Dietary antioxidants and health promotion. Antioxidants, 7(1), 9.

Kalaiselvan P, Malarvizhi K, Ranjan A. (2024). Exploring phytobiotics in aquaculture: sources, mode of action, effects, administration, and its bioavailability in fish. Aquaculture International, 32(5), 5737-5799.

Kaur M, Shitanaka T, Surendra KC, Khanal SK. (2025). Macroalgae-derived bioactive compounds for functional food and pharmaceutical applications—a critical review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 65(21), 4172-4194.

Keskinkaya HB. (2022). Akdeniz, Ege ve Marmara denizlerinden toplanan bazı makroalg türlerinin biyoaktif metabolit içeriklerinin ve etkilerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Krishnan L, Ravi N, Mondal AK, Akter F, Kumar M, Ralph P, Kuzhiumparambil U. (2024). Seaweed-based polysaccharides–review of extraction, characterization, and bioplastic application. Green Chemistry, 26(10), 5790-5823.

Kumar Y, Singhal S, Tarafdar A, Pharande A, Ganesan M, Badgujar PC. (2020). Ultrasound assisted extraction of selected edible macroalgae: Effect on antioxidant activity and quantitative assessment of polyphenols by liquid chromatography with tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). Algal Research, 52, 102114.

Kumaran T, Yahya S, Sudhandiran G, Shanmugam P, Kathiravan K. (2024). Isolation, structural characterization, and anti-lung cancer evaluation of fucoidan isolated from the brown seaweed *Turbinaria decurrens*. Applied Phycology, 5(1), 12-23.

Lim C, Yusoff S, Ng CG, Lim PE, Ching YC. (2021). Bioplastic made from seaweed polysaccharides with green production methods. Journal of Environmental Chemical Engineering, *9*(5), 105895.

Lourenço-Lopes C, Fraga-Corral M, Jimenez-Lopez C, Pereira AG, Garcia-Oliveira P, Carpena M, Prieto MA, Simal-Gandara J. (2020). Metabolites from macroalgae and its applications in the cosmetic industry: A circular economy approach. Resources, 9(9), 101.

Mannino AM, Mancuso FP, Marletta G, Serio D. (2026). The Mediterranean *Cystoseira* Complex (Fucales, Ochrophyta): An Updated Illustrated Guide and Identification Key. Water, 18(16), 1943.

Mhadhebi L, Mhadhebi A, Robert J, Bouraoui A. (2014). Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative effects of aqueous extracts of three Mediterranean brown seaweeds of the genus *Cystoseira*. Iranian Journal of Pharmaceutical Research 13(1), 207-220.

Nimse SB, Pal D. (2015). Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. RSC Advances, 5(35), 27986-28006.

Nordberg J, Arnér ES. (2001). Reactive oxygen species, antioxidants, and the mammalian thioredoxin system. Free Radical Biology and Medicine, 31(11), 1287-1312.

Osuna-Ruiz I, López-Saiz CM, Burgos-Hernández A, Velázquez C, Nieves-Soto M, Hurtado-Oliva MA. (2016). Antioxidant, antimutagenic and antiproliferative activities in selected seaweed species from Sinaloa, Mexico. Pharmaceutical Biology, 54(10), 2196-2210.

Öztaşkent C, Ak İ. (2021). Effect of LED light sources on the growth and chemical composition of brown seaweed *Treptacantha barbata*. Aquaculture International, 29(1), 193-205.

Ozudogru Y, Merdivan M. (2020). Adsorption of U (VI) and Th (IV) ions removal from aqueous solutions by pretreatment with *Cystoseira barbata*. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 323(1), 595-603.

Praveen MA, Parvathy KRK, Balasubramanian P, Jayabalan R. (2019). An overview of extraction and purification techniques of seaweed dietary fibers for immunomodulation on gut microbiota. Trends in Food Science & Technology, 92, 46-64.

© 2026 ISARC Academy

Ptak SH, Sanchez L, Fretté X, Kurouski D. (2021). Complementarity of Raman and Infrared spectroscopy for rapid characterization of fucoidan extracts. Plant Methods, 17(1), 130.

Rada B, Leto TL. (2008). Oxidative innate immune defenses by Nox/Duox family NADPH oxidases. Trends in Innate Immunity, 15, 164-187.

Reichenbächer M, Popp J. (2012). Challenges in molecular structure determination. Springer Science & Business Media.

Sabir I, Bouftini K, Hmidouche O, Rchid H, Ursu AV, Lasky M, Gardarin G, El Moznine R, Vial C, Nmila R. (2025). Crude polysaccharides from *Cystoseira* species: Extraction, characterization and in vitro antioxidant activity. Natural Product Sciences, 31(2), 102-110.

Sellimi S, Kadri N, Barragan-Montero V, Laouer H, Hajji M, Nasri M. (2014). Fucans from a Tunisian brown seaweed *Cystoseira barbata*: Structural characteristics and antioxidant activity. International Journal of Biological Macromolecules, 66, 281-288.

Siti HN, Kamisah Y, Kamsiah J. (2015). The role of oxidative stress, antioxidants and vascular inflammation in cardiovascular disease (a review). Vascular Pharmacology, 71, 40-56.

Sökmen BB, Aydın S, Sağkal Y, Akyurt İ. (2016). Giresun'dan toplanan *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh deniz yosununun antioksidan aktivitesinin incelenmesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 6(14), 66-76.

Song L, Niu Y, Chen R, Ju H, Liu Z, Zhang B, Xie W, Gao Y. (2024). A comparative analysis of the anti-tumor activity of sixteen polysaccharide fractions from three large brown seaweed, *Sargassum horneri*, *Scytosiphon lomentaria*, and *Undaria pinnatifida*. Marine Drugs, 22(7), 316.

Song W, Han H, Wang Z, Li Y. (2019). Molecular identification of the macroalgae that cause green tides in the Bohai Sea, China. Aquatic Botany, 156, 38-46.

Sulthana SM, Kumar SN, Sridhar MG, Bhat BV, Rao KR. (2012). Levels of non-enzymatic antioxidants in Down syndrome. The Indian Journal of Pediatrics, 79(11), 1473-1476.

Sun L, Wang L, Li J, Liu H. (2014). Characterization and antioxidant activities of degraded polysaccharides from two marine Chrysophyta. Food Chemistry, 160, 1-7.

Tenorio-Rodriguez PA, Murillo-Álvarez JI, Campa-Cordova ÁI, Angulo C. (2017). Antioxidant screening and phenolic content of ethanol extracts of selected Baja California Peninsula macroalgae. Journal of Food Science and Technology, 54(2), 422-429.

Torres MD, Kraan S, Domínguez H. (2019). Seaweed biorefinery. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 18(2), 335-388.

Tziveleka LA, Tammam MA, Tzakou O, Roussis V, Ioannou E. (2021). Metabolites with Antioxidant Activity from Marine Macroalgae. Antioxidants, 10(9), 1431.

Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MT, Mazur M, Telser J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 39(1), 44-84.

Vandanjon L, Burlot AS, Zamanileha EF, Douzenel P, Ravelonandro PH, Bourgougnon N, Bedoux G. (2023). The use of FTIR spectroscopy as a tool for the seasonal variation analysis and for the quality control of polysaccharides from seaweeds. Marine Drugs, 21(9), 482.

Vega J, Álvarez-Gómez F, Güenaga L, Figueroa FL, Gómez-Pinchetti JL. (2020). Antioxidant activity of extracts from marine macroalgae, wild-collected and cultivated, in an integrated multi-trophic aquaculture system. Aquaculture, 522, 735088.

You Y, Qu K, Huang Z, Ma R, Shi C, Li X, Liu D, Dong M, Guo Z. (2019). Sodium alginate templated hydroxyapatite/calcium silicate composite adsorbents for efficient dye removal from polluted water. International Journal of Biological Macromolecules, 141, 1035-1043.

© 2026 ISARC Academy

Young IS, Woodside JV. (2001). Antioxidants in health and disease. Journal of Clinical Pathology, 54(3), 176-186.

© 2026 ISARC Academy

ARITILMIŞ ATIKSULARA MARUZ KALAN DOMATESLERDE BİZMUT VE URANYUMUN BİRİKİMİ

Murat TOPAL

Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü 62000, Tunceli, Türkiye

ORCID: 0000-0003-0222-5409

Emine Işıl ARSLAN TOPAL

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 23000 Elazığ, Türkiye

ORCID: 0000-0003-0309-7787

Erdal ÖBEK

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü,23000 Elazığ, Türkiye

ORCID: 0000-0002-4595-572X

Erdal ÇELİK

İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34437 İstanbul, Türkiye

Bingöl Üniversitesi Rektörü, 12000 Bingöl, Türkiye

TeknoHAB Teknoloji Geliştirme Bölgesi, 06980 Ankara, Türkiye

ORCID: 0000-0002-5922-5488

ÖZET

Domates, gıda maddesi olarak ekonomik değere sahip olup dünya genelinde ticari olarak üretilen önemli bir tarım ürünüdür. İnsan beslenmesinin önemli bir parçası haline gelmesiyle birlikte, son yıllarda domates tüketimi önemli ölçüde artmıştır. Bu nedenle insanlar tarafından gıda olarak tüketilen domatesin element içeriği oldukça önemlidir. Bu çalışma kapsamında atıksuların arıtıldığı bir kentsel atıksu arıtma tesisinin çıkış sularına maruz kalan domateslerde bizmut (Bi) ve Uranyum (U) elementleri araştırılmış ve konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayrıca, elde edilen veriler referans bitki değerleriyle mukayese edilmiştir. Bu çerçevede, dört örnekleme noktasından domates örnekleri toplanmış ve analiz edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, en yüksek Bi konsantrasyonu 4. örnekleme noktasından alınan domates örneğinde 0,05 mg/kg olarak tespit edilirken en düşük Bi konsantrasyonu 1. örnekleme noktasından alınan domates örneğinde 0,02 mg/kg olarak tespit edilmiştir. 2. örnekleme noktasında Bi konsantrasyonu, 0,04 mg/kg olarak, 3. örnekleme noktasında ise Bi konsantrasyonu 0,03 mg/kg olarak belirlenmiştir. Domates örneklerindeki U konsantrasyonları incelendiğinde ise en yüksek U konsantrasyonu 3. örnekleme noktasında 0,27 mg/kg olarak belirlenirken, en düşük U konsantrasyonu 1. örnekleme noktasında 0,1 mg/kg olarak belirlenmiştir. 2. ve 4. örnekleme noktasındaki domates örneklerinde U konsantrasyonları sırasıyla 0,14 ve 0,24 mg/kg olarak belirlenmiştir. İki element karşılaştırıldığında tüm örnekleme noktalarında U konsantrasyonlarının Bi konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Referans bitkide Bi ve U konsantrasyonları 0,01 mg/kg olarak verilmiştir. Bu değerlere göre örnekleme noktalarından alınan domateslerde tespit edilen Bi konsantrasyonları referans bitki değerinden sırasıyla, 2, 4, 3 ve 5 kat daha yüksek çıkmıştır. U konsantrasyonları açısından ise örnekleme noktalarına göre sırasıyla 10, 14, 27 ve 24 kat daha yüksek çıkmıştır. Sonuç olarak,

© 2026 ISARC Academy

domateste tespit edilen Bi ve U konsantrasyonları verilen referans değerlerden yüksek değer almış ve bu durum domatesin atıksu arıtma tesisi çıkış sularına maruz kaldığını ve bu elementleri akümüle ederek bünyesine kattığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: arıtma, bitki, bizmut, domates, gıda, uranyum

ACCUMULATION OF BISMUTH AND URANIUM IN TOMATOES EXPOSED TO TREATED WASTEWATER

ABSTRACT

The tomato is a significant agricultural product with economic value as a foodstuff and is produced commercially worldwide. Tomato consumption has increased substantially in recent years as it has become a vital part of the human diet. Consequently, the elemental content of tomatoes consumed as food is of great importance. In this study, the presence of bismuth (Bi) and uranium (U) was investigated in tomatoes exposed to the effluent from an urban wastewater treatment plant, and their concentrations were determined. Furthermore, the obtained data were compared with reference plant values. Tomato samples were collected from four sampling points and analyzed. The results showed that the highest Bi concentration (0.05 mg/kg) was found in the sample from the fourth sampling point, while the lowest (0.02 mg/kg) was found in the sample from the first sampling point. Bi concentrations were determined to be 0.04 mg/kg at the second sampling point and 0.03 mg/kg at the third sampling point. Regarding uranium (U) concentrations, the highest level (0.27 mg/kg) was found at the third sampling point, and the lowest (0.1 mg/kg) at the first sampling point. U concentrations in samples from the second and fourth sampling points were determined to be 0.14 mg/kg and 0.24 mg/kg, respectively. When the two elements are compared, it is observed that U concentrations are higher than Bi concentrations at all sampling points. The reference plant values for Bi and U concentrations are given as 0.01 mg/kg. Based on these values, the Bi concentrations detected in tomatoes from the four sampling points were 2, 4, 3, and 5 times higher, respectively, than the reference plant value. Regarding U concentrations, the levels were 10, 14, 27, and 24 times higher, respectively, across the sampling points. Consequently, the concentrations of Bi and U detected in the tomatoes were higher than the given reference values, indicating that the tomatoes had been exposed to the effluent from a wastewater treatment plant and had accumulated these elements within their tissues.

Keywords: Treatment, plant, bismuth, tomato, food, uranium

1. GİRİŞ

Domates, gıda maddesi olarak ekonomik değere sahip olup (Anugerah vd., 2015) dünya genelinde ticari olarak üretilen önemli bir tarım ürünüdür (Ito vd., 2015). İnsan beslenmesinin önemli bir parçası haline gelmesiyle birlikte, son yıllarda domates tüketimi önemli ölçüde artmıştır. Domates; çorba ve makarna dahil olmak üzere çeşitli yemeklerin ve gıda ürünlerinin hayati bir bileşenini oluşturur. Taze olarak tüketilen domatesler, sıklıkla salatalarda ve sandviçlerde yer alır. Ayrıca fırınlanmış, ızgara yapılmış veya ağır ateşte pişirilmiş olarak da servis edilir. Olgun domatesler; salça, ketçap, sos, meyve suyu ve püre gibi çeşitli ürünlere işlenir. Konserve edilerek küp doğranmış veya bütün halde de satılır. Güneşte kurutularak birçok üründe kullanılır. Olgunlaşmamış yeşil domatesler ise turşu yapılarak tüketilir ya da soslarda kullanılır. Domates; Hint, Orta Doğu, Akdeniz, İtalyan ve İspanyol mutfaklarında yaygın olarak kullanılır (Padmanabhan vd., 2016).

Domatesin, metabolik sendrom ve obezite ile ilişkili hastalıklara karşı koruma sağlama konusundaki faydalarını destekleyen kanıtlar mevcuttur. Domates ürünlerinin, UV kaynaklı güneş yanığına karşı koruyucu etkisi de bildirilmiştir. Ayrıca, insan beslenmesinde domates takviyesinin antioksidan etkilerini inceleyen çeşitli çalışmalardan elde edilen veriler, domates veya domates ürünlerinin tüketilmesi ile birlikte antioksidan durumun iyileştiğini göstermiştir. Domates tüketimi, kardiyovasküler aterosklerotik hastalık riskini azaltmanın bir yoludur. Kadınlarda, domates bazlı ürünlerin yüksek

© 2026 ISARC Academy

düzeyde tüketimi, kardiyovasküler hastalık ve miyokard enfarktüsü riskinin azalmasıyla ilişkilendirilmiştir. Domates ve domates bazlı ürünlerin tüketiminin, kanser gibi kronik hastalıkların riskinde de azalma ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. (Padmanabhan vd., 2016). Bu nedenlerle, domatesin element içeriğinin ve konsantrasyonlarının belirlenmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında domateste tespit edilen bizmut (Bi) ve Uranyum (U) elementleri hakkında genel bilgiler kısaca özetlenmiştir.

Uranyum, doğada bulunan, zayıf radyoaktif bir elementtir ve birçok mineralin yapısında yer alır. Esas olarak asidik magmatik kayaçlarda yoğunlaşır ve uraninit, monazit ve zirkon gibi minerallerin bünyesine dahil olur. Uranyum, bünyesinde uranyum barındıran kayaç ve minerallerin parçalanması (ayrışması) sonucu toprakta ve sularda bulunabilir. Toprağa ve suya karıştıktan sonra bitkiler tarafından bünyeye alınarak insanlar veya otlayan hayvanlar tarafından tüketilebilir ya da suda çözünerek başka herhangi bir canlı tarafından tüketilebilir (Balaram vd., 2022).

Uranyum bir nefrotoksin (böbrek zehri) olarak tanımlanmış olup arsenik ve krom ile birlikte, yeraltı sularında doğal olarak bulunan en zararlı üç kirletici arasında yer almaktadır. Toksik bir ağır metal olmasının yanı sıra radyoaktif bir elementtir ve yüksek miktarlarda alındığında böbrek yetmezliği, kemik gelişiminin yavaşlaması ve DNA hasarı gibi çeşitli olumsuz sağlık etkilerine yol açabilir. Buna ek olarak, üreme ve solunum sistemleri de uranyum maruziyetinden etkilenmektedir Uranyumun insan sağlığına yönelik tehdidi, radyolojik özelliklerinden ziyade daha çok kimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Zamora ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışma, içme suyu yoluyla alınan uranyum miktarının yüksek olduğu durumlarda, kimyasal toksisitenin radyotoksisiteye kıyasla daha büyük bir sağlık sorunu oluşturduğunu ortaya koymuştur. Çeşitli çalışmalar, 200 ng/ml'den fazla uranyum içeren yeraltı sularının uzun süreli tüketiminin, kimyasal toksisite etkilerinin yanı sıra radyasyona içsel maruziyete de yol açabileceğini göstermiştir. Uranyum insan vücuduna; i) gaz ve aerosol halindeki uranyumun solunması, ii) içme suyu ve gıda tüketimi ve iii) deri teması yoluyla girebilir ve sağlık risklerine neden olabilir. Uranyum toprakta, yüzey ve yeraltı sularında ve havada doğal olarak bulunduğundan, mesleki olarak maruz kalmayan kişiler için ise temel maruziyet kaynakları beslenme (özellikle kök sebzeler) ve içme suyudur (Balaram vd., 2022).

Bizmut, yüzyıllardır kullanılmasına rağmen, periyodik tablodaki hakkında en az bilgi sahibi olunan elementlerden biri olmaya devam etmektedir. Metalik bizmut ve bizmut bileşikleri; alaşım, pigment, kozmetik ve ilaç üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. "Yeşil" bir ağır metal olması nedeniyle, bazı endüstriyel alanlarda kurşun yerine bizmutun kullanılması, ağır metal kirliliğinden kaynaklanan çevresel sorunları kısmen çözebilir. Sağlık alanında ise, bizmutun insanlar üzerindeki toksisitesinin düşük olması sayesinde bizmut bazlı ilaçlar geliştirilmiş ve çeşitli hastalıkların tedavisinde klinik kullanıma sunulmuştur. Ancak, aşırı doz alımına bağlı bizmut toksisitesi vakaları da bildirilmiştir (Wang vd., 2019).

Bu çerçevede, söz konusu çalışmada arıtılmış atıksulara maruz kalan domateslerde Bi ve U elementleri araştırılmış ve konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayrıca, Markert (1992) tarafından verilen referans bitki değerleri ile mukayese edilmiştir.

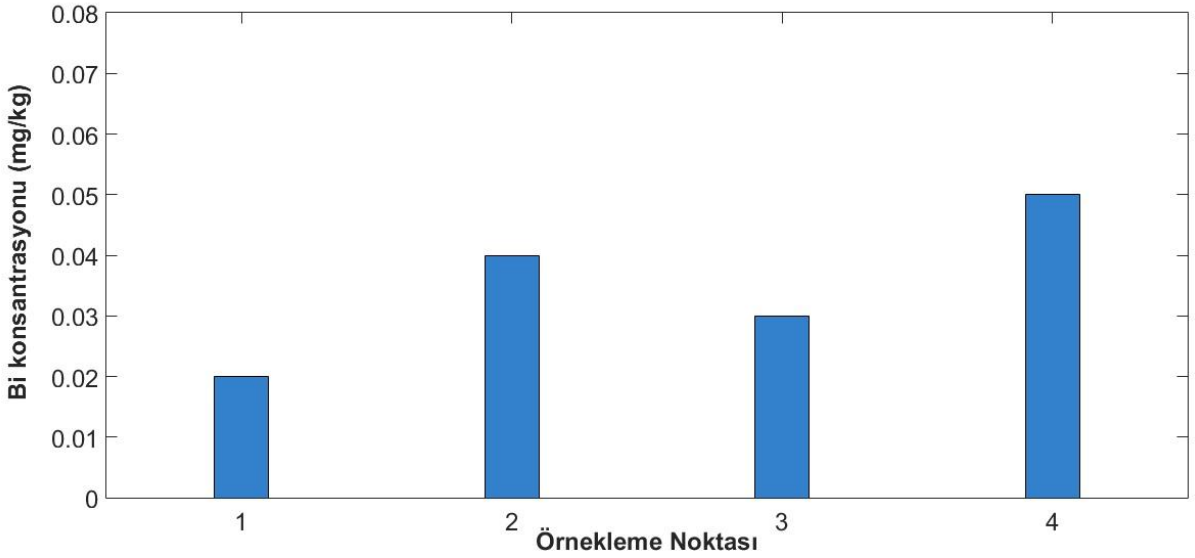
2. MATERYAL VE METOT

Çalışma alanı olarak Elazığ ilinde bulunan atıksu arıtma tesisi çıkış sularının deşarj edildiği bölge seçilmiştir. Söz konusu bölgede domates yetiştiriciliği yapılmaktadır. Çalışmamızda materyal olarak kullanılan domates örnekleri bu bölgeden temin edilmiştir. Domates örnekleri çalışma alanının 4 farklı noktasından elle toplanmış ve örnekler laboratuvara getirilerek analiz için hazırlanmıştır. Domates örnekleri önce saf suyla yıkanmış, sonra kurutularak öğütücü yardımıyla homojen hale getirilmiştir. Hazırlanan örnekler akredite olan bir laboratuvara gönderilmiş ve ICP-MS cihazı ile Bi ve U konsantrasyonları belirlenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

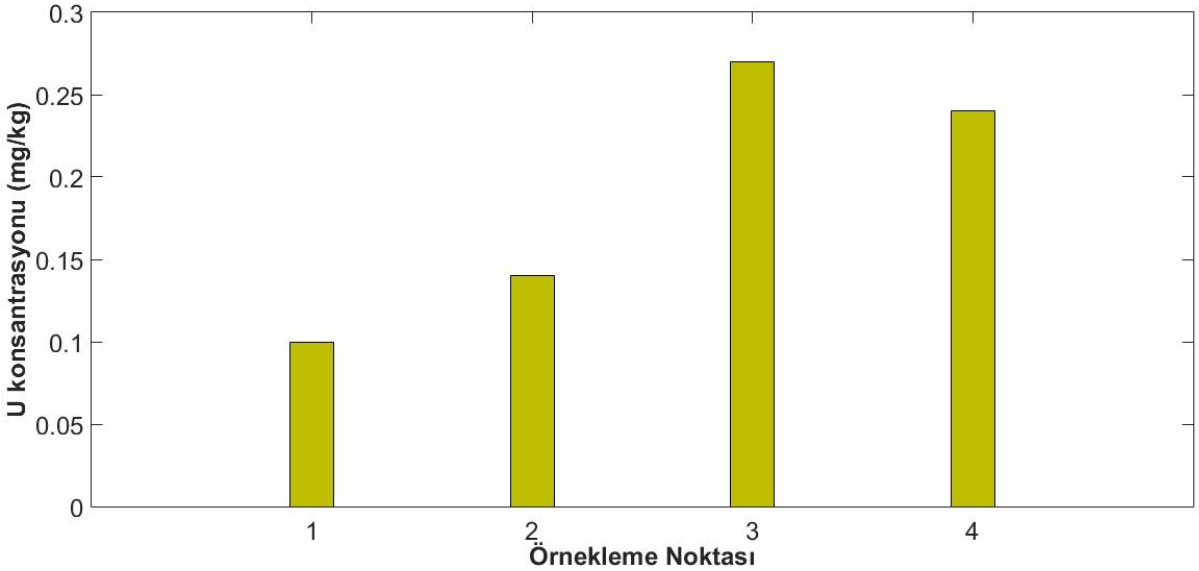
© 2026 ISARC Academy

Arıtılmış atıksulara maruz kalan domateslerdeki Bi konsantrasyonları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Bi konsantrasyonlarının örnekleme noktalarına göre değişimi

Şekil 1'de örnekleme noktaları incelendiğinde, en yüksek Bi konsantrasyonu 4. örnekleme noktasından alınan domates örneğinde 0,05 mg/kg olarak tespit edilirken en düşük Bi konsantrasyonu 1. örnekleme noktasından alınan domates örneğinde 0,02 mg/kg olarak tespit edilmiştir. 2. örnekleme noktasında Bi konsantrasyonu 0,04 mg/kg olarak, 3. örnekleme noktasında ise 0,03 mg/kg olarak belirlenmiştir. Farklı örnekleme noktalarından toplanan domates örneklerinde tespit edilen Bi konsantrasyonlarının birbirine yakın değerler aldığı gözlenmiştir. Bi konsantrasyonları örnekleme noktalarına göre büyükten küçüğe doğru 4 > 2 > 3 > 1 şeklinde sıralanmıştır. Arıtılmış atıksulara maruz kalan domateslerdeki U konsantrasyonları Şekil 2'de verilmiştir.

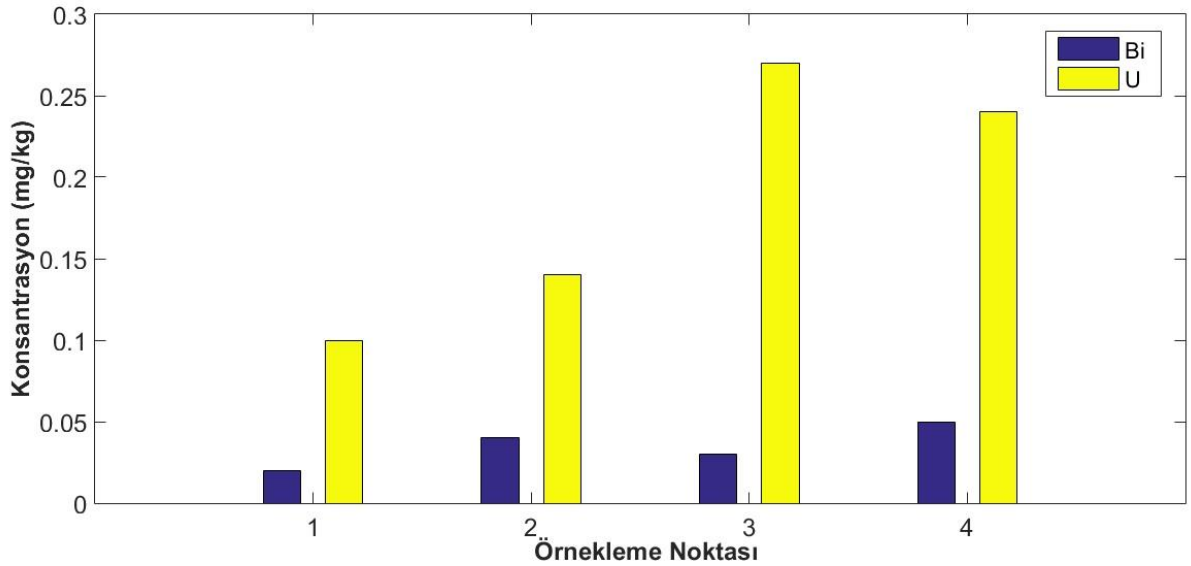


Şekil 2. U konsantrasyonlarının örnekleme noktalarına göre değişimi

Şekil 2'de örnekleme noktaları incelendiğinde, en yüksek U konsantrasyonu 3. örnekleme noktasından alınan domates örneğinde 0,27 mg/kg olarak tespit edilirken en düşük U konsantrasyonu 1. örnekleme

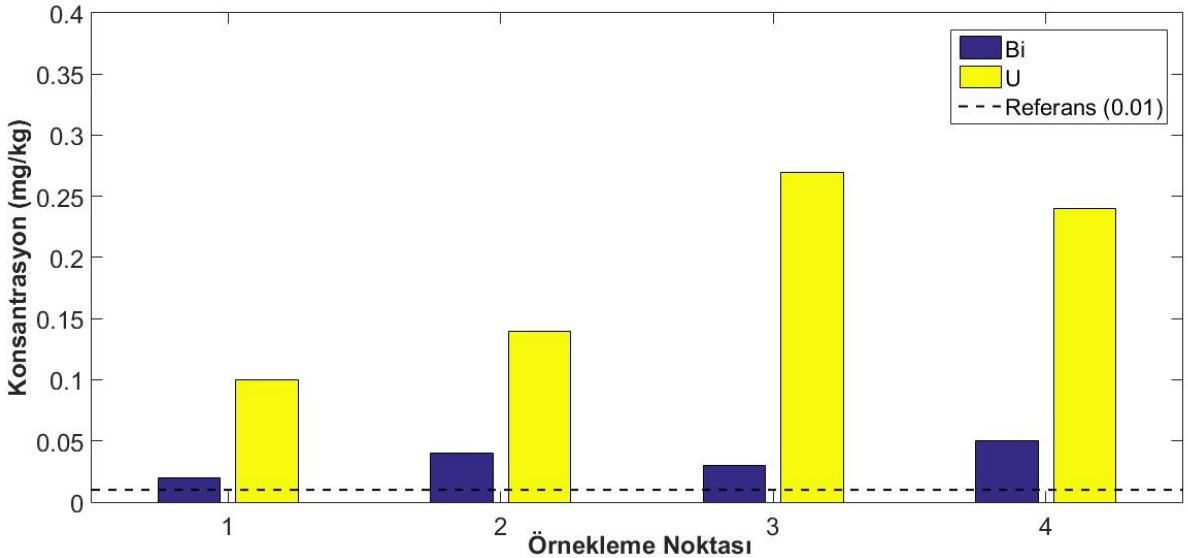
© 2026 ISARC Academy

noktasından alınan domates örneğinde 0,10 mg/kg olarak tespit edilmiştir. 2. örnekleme noktasında U konsantrasyonu 0,14 mg/kg olarak, 4. örnekleme noktasında ise 0,24 mg/kg olarak belirlenmiştir. U konsantrasyonları örnekleme noktalarına göre büyükten küçüğe doğru 3 > 4 > 2 > 1 şeklinde sıralanmıştır. Örnekleme noktalarında tespit edilen Bi ve U konsantrasyonlarının karşılaştırılması Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Örnekleme noktalarında tespit edilen Bi ve U konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Şekil 3'e göre farklı örnekleme noktalarından toplanan domateslerde U konsantrasyonlarının Bi konsantrasyonlarından oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. 1. örnekleme noktasında U konsantrasyonları Bi konsantrasyonlarından 5 kat, 2. örnekleme noktasında 3,5 kat, 3. örnekleme noktasında 9 kat ve 4. örnekleme noktasında 4,8 kat daha yüksek değerler almıştır. U konsantrasyonlarının domateste fazla akümüle olması domates bitkisinin bizmuttan ziyade uranyumu tercih ettiğini gösterebilir. Ayrıca, domates bitkisi tarafından bizmut alımı çevresel koşullardan dolayı engellenmiş olabilir. Domateste tespit edilen Bi ve U konsantrasyonları Markert (1992) tarafından verilen referans bitki değerleriyle mukayese edilmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Bi ve U konsantrasyonlarının referans bitki değerleri ile karşılaştırılması

© 2026 ISARC Academy

Markert (1992) tarafından belirlenen referans bitkide Bi ve U konsantrasyonları 0,01 mg/kg olarak verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde hem Bi hem de U konsantrasyonlarının verilen referans bitki değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum arıtılmış atıksulara maruz kalan domateslerin söz konusu arıtma tesisi çıkış sularından etkilendiğinin bir göstergesi olabilir. Bi konsantrasyonları referans bitki değerleriyle mukayese edildiğinde 1. örnekleme noktasında 2 kat, 2. örnekleme noktasında 4 kat, 3. örnekleme noktasında 3 kat ve 4. örnekleme noktasında 5 kat daha yüksek olduğu gözlenmiştir. U konsantrasyonları referans bitki değerleriyle mukayese edildiğinde 1. örnekleme noktasında 10 kat, 2. örnekleme noktasında 14 kat, 3. örnekleme noktasında 27 kat ve 4. örnekleme noktasında 24 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma arıtılmış atıksulara maruz kalan bir bölgede yetişen domates bitkilerinde önemli elementlerden olan Bi ve U konsantrasyonlarının araştırılmasını kapsamaktadır. Bu kapsamda, farklı örnekleme noktalarından toplanan domates örneklerinde en yüksek Bi konsantrasyonu 4. örnekleme noktasında 0,05 mg/kg olarak tespit edilmiş ve referans bitki değeriyle karşılaştırılmıştır. Bi için elde edilen sonuçlar referans bitki değerinden yüksek çıkmıştır. Bu durum domates tarafından bizmutun akümüle edildiğini ortaya koymuştur. Bi konsantrasyonları örnekleme noktalarına ve referans bitki değerine göre büyükten küçüğe doğru 4. örnekleme noktası (5 kat) > 2. örnekleme noktası (4 kat) > 3. örnekleme noktası (3 kat) > 1. örnekleme noktası (2 kat) sıralamasını takip etmiştir. Çalışma sonuçları, U konsantrasyonlarının Bi konsantrasyonlarından daha yüksek olduğunu ve U elementinin daha iyi akümüle olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, arıtılmış atıksulara maruz kalan domates örneklerinde Bi ve U konsantrasyonlarının referans değerden oldukça yüksek çıkması domatesi tüketen insanlar açısından olumsuz etkilere sebep olabilir. Bu nedenle, söz konusu domates bitkilerinin element içeriklerinin ve konsantrasyonlarının belirlenmesi ve sürekli izleme çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Anugerah, P. R., Dwivany, F., & Esyanti, R. R. (2015). Expression study of LeGAPDH, LeACO1, LeACS1A, and LeACS2 in tomato fruit (Solanum lycopersicum). Hayati : Journal of Biosciences, 22(4), 191–196. https://doi.org/10.1016/j.hjb.2016.01.004

Balaram, V., Rani, A., & Rathore, D. P. S. (2022). Uranium in groundwater in parts of India and world: A comprehensive review of sources, impact to the environment and human health, analytical techniques, and mitigation technologies. Geosystems and Geoenvironment, 1(2), 100043. https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2022.100043

Ito, Y., Nishizawa-Yokoi, A., Endo, M., Mikami, M., & Toki, S. (2015). CRISPR/Cas9-mediated mutagenesis of the RIN locus that regulates tomato fruit ripening. Biochemical and Biophysical Research Communications, 467(1), 76–82. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.09.117

Markert, B. (1992). Establishing of Reference Plant for Inorganic Characterization of Different Plant Species By Chemical Fingerprinting. Water, Air and Soil Pollution, 64, 533–538.

Padmanabhan, P., Cheema, A., Paliyath, G. (2016). Solanaceous Fruits Including Tomato, Eggplant, and Peppers, Editor(s): Benjamin Caballero, Paul M. Finglas, Fidel Toldrá, Encyclopedia of Food and Health, Academic Press, 2016, p.24-32, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00696-6.

Wang, R., Li, H., Sun, H. (2019). Bismuth: Environmental Pollution and Health Effects☆, Editor(s): Jerome Nriagu, Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition), Elsevier, p. 415-423, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11870-6.

© 2026 ISARC Academy

ASMA YAPRAKLARINDA MOLİBDEN VE STRONSİYUM BİRİKİMİ: MADEN GALERİ SULARI

Murat TOPAL

Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü 62000, Tunceli, Türkiye

ORCID: 0000-0003-0222-5409

Emine Işıl ARSLAN TOPAL

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 23000 Elazığ, Türkiye

ORCID: 0000-0003-0309-7787

Erdal ÖBEK

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü,23000 Elazığ, Türkiye

ORCID: 0000-0002-4595-572X

Erdal ÇELİK

İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34437 İstanbul, Türkiye

Bingöl Üniversitesi Rektörü, 12000 Bingöl, Türkiye

TeknoHAB Teknoloji Geliştirme Bölgesi, 06980 Ankara, Türkiye

ORCID: 0000-0002-5922-5488

ÖZET

Asma, dünyada kültürü yapılan en eski bitkilerden biridir. Pek çok ülkenin ekonomisinde asma üretimi önemli yer tutmaktadır. Asma yaprakları; başta antioksidan, antimikrobiyal, antienflamatuvar, antidiyabetik ve obezite karşıtı özellikler olmak üzere önemli biyoaktif nitelikler sergileyen biyoaktif kimyasalların özellikle de fenolik bileşiklerin zengin bir kaynağıdır. Asma yaprakları, ticari bir gıda takviyesi olarak sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, asma yaprakları hoş bir lezzete sahip olup taze olarak tüketilebildiği gibi pişirilerek de kullanılabilmektedir. Bu nedenle, asma yapraklarında element içeriğinin belirlenmesi insan sağlığı ve üzüm yetiştiriciliğinde oldukça önemlidir. Bu çalışmada maden galeri sularına maruz kalan asmalar on farklı örnekleme noktasından toplanarak molibden (Mo) ve stronsiyum (Sr) elementleri araştırılmış ve konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayrıca, elde edilen veriler referans bitki değerleriyle mukayese edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, en yüksek Mo konsantrasyonu 3. örnekleme noktasından alınan asma yapraklarında 0,44 mg/kg olarak, en düşük Mo konsantrasyonu ise 1. örnekleme noktasından alınan asma yapraklarında 0,31 mg/kg olarak belirlenmiştir. Asma yapraklarında Sr konsantrasyonları incelendiğinde, en yüksek Sr konsantrasyonu 1. örnekleme noktasında 55,9 mg/kg olarak belirlenirken, en düşük Sr konsantrasyonu 5. örnekleme noktasında 50,4 mg/kg olarak belirlenmiştir. Maden galeri sularına maruz kalan asmalarda Sr konsantrasyonlarının Mo konsantrasyonlarından yüksek olduğu gözlenmiştir. Referans bitkide Mo ve Sr konsantrasyonları sırasıyla 0,5 ve 50 mg/kg olarak belirtilmiştir. Bu çerçevede, asma yapraklarında tespit edilen Mo konsantrasyonları referans bitki değerinden daha düşük konsantrasyonlara sahipken Sr konsantrasyonları referans bitki değerinden daha yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu belirlenmiştir. En yüksek Sr konsantrasyonu referans bitki değerinden 1,12 kat daha yüksek bir değer almıştır. Sonuç

© 2026 ISARC Academy

olarak asma yaprakları Mo ziyade Sr'u iyi şekilde akümüle ettiğini ve bu elementi daha çok tercih ettiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: asma, galeri, gıda, maden, molibden, stronsiyum

MOLYBDENUM AND STRONTIUM ACCUMULATION IN GRAPEVINE LEAVES: MINE GALLERY WATERS

ABSTRACT

The grapevine is one of the oldest cultivated plants in the world. Grapevine production plays a significant role in the economies of many countries. Grapevine leaves are a rich source of bioactive chemicals—particularly phenolic compounds—that exhibit important bioactive properties, such as antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, antidiabetic, and anti-obesity effects. Grapevine leaves are frequently encountered as commercial food supplements. Furthermore, they possess a pleasant flavor and can be consumed fresh or cooked. Therefore, determining the elemental content of grapevine leaves is crucial for human health and viticulture. In this study, grapevines exposed to mine gallery waters were sampled from ten different locations to investigate and determine the concentrations of molybdenum (Mo) and strontium (Sr). Additionally, the obtained data were compared with reference plant values. According to the analysis results, the highest Mo concentration (0.44 mg/kg) was found in leaves from the third sampling point, while the lowest (0.31 mg/kg) was found in leaves from the first sampling point. Regarding Sr concentrations, the highest level (55.9 mg/kg) was determined at the first sampling point, and the lowest (50.4 mg/kg) was determined at the fifth sampling point. In grapevines exposed to mine gallery waters, it has been observed that Sr concentrations are higher than Mo concentrations. The Mo and Sr concentrations for the reference plant are reported as 0.5 and 50 mg/kg, respectively. In this context, it was determined that the Mo concentrations detected in the grapevine leaves were lower than the reference plant values, whereas the Sr concentrations were higher. The highest Sr concentration was 1.12 times greater than the reference plant value. Consequently, it is evident that grapevine leaves accumulate Sr more effectively than Mo, showing a greater preference for the former element.

Keywords: grapevive, gallery, food, mine, molybdenum, strontium

1. GİRİŞ

Asma, dünyada kültürü yapılan en eski bitkilerden biridir. Pek çok ülkenin ekonomisinde asma üretimi önemli yer tutmaktadır (Król ve Weidner, 2017). Asma yaprakları; başta antioksidan, antimikrobiyal, antienflamatuar, antidiyabetik özellikler ile obezite karşıtı özellikler olmak üzere önemli biyoaktif nitelikler sergileyen biyoaktif kimyasalların özellikle de fenolik bileşiklerin zengin bir kaynağıdır. Yaprakların biyoaktivitesi, insan sağlığına çeşitli faydalar sağlayan kersetin, kafeik asit, kaempferol, resveratrol ve gallik asit gibi bileşiklere atfedilmektedir. Asma yapraklarındaki polifenol içeriğinin, üzüm çekirdeklerinde tespit edilenlerle kıyaslanabilir düzeyde olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca, asma yaprağı ekstraktlarının kanser hücreleri üzerinde spesifik sitotoksik etkiler sergilerken, sağlıklı hücreler üzerinde benzer bir sitotoksik etki göstermediği de bilinmektedir. Asma yaprakları; sindirim sistemi rahatsızlıkları, iltihaplanmalar ve kanamaların tedavi edilmesi amacı ile geleneksel tıpta kullanılmaktadır. Bu yapraklardan elde edilen fitokimyasal bakımından zengin özler, bu yaprakların ilaç ve kozmetik endüstrilerindeki potansiyel uygulamalarını desteklemektedir. Ucuz hammaddeler olan asma yaprakları, endüstriyel olarak işlendiklerinde; ergenler, hamileler, emziren kadınlar ve yaşlılar gibi özel beslenme gereksinimleri olan kesimler için uygun fiyatlı ürünler elde edilmesini sağlayabilme potansiyeline sahiptir (Sousa vd., 2024). Bu nedenle, asma yaprakları, ticari bir gıda takviyesi olarak sıklıkla karşımıza çıkmaktadır (Pantelić vd., 2017). Asma yaprağı tozu, besin değerini artırmak amacıyla glütensiz ürünlerde başarıyla kullanılmıştır (Sousa vd., 2024). Ayrıca, asma yaprakları hoş bir lezzete sahip olup taze olarak tüketilebildiği gibi pişirilerek de kullanılabilmektedir (Pantelić vd., 2017). Asma yaprakları; Türkiye ve Orta Doğu ülkeleri gibi ülkelerde yemek hazırlamada kullanılmaktadır. Asma

© 2026 ISARC Academy

yaprakları taze veya muhafaza edilmiş formlarda (dondurulmuş, salamura edilmiş ya da kutu veya kavanozlarda saklanmış olarak) tüketilebilmektedir (Sat vd., 2002). Çalışmamızda asma yapraklarında tespit edilen molibden (Mo) ve stronsiyum (Sr) hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Molibden temel bir elementtir. Çelik ve dökme demir alaşımlarında (silah, havacılık ve otomotiv endüstrilerinde), kimya endüstrisinde katalizör olarak ve pigment şeklinde kullanılır (Rentschler vd., 2018). Molibden; bitkilerde fitohormon sentezi, sülfit detoksifikasyonu, pürin yıkımı ve azot asimilasyonu gibi çeşitli reaksiyonları katalize eden bir mikro besin elementidir (Hippler vd., 2017). Bitkilerdeki konsantrasyonu 5 mg/kg'ın üzerinde olduğunda Mo toksik etki göstermektedir. Ayrıca Mo, toprak ve su ortamları için önemli riskler oluşturabilir (Sun ve Selim, 2017). Tarımsal ekosistemlerde molibdenin yüksek konsantrasyonları, önemli halk sağlığı ve çevre sağlığı sorunlarına yol açabilir (Shaheen vd., 2017).

Stronsiyum, bir toprak alkali metal olup birçok toprakta düşük konsantrasyonlarda bulunabilir (Niedermeier vd., 2018). Bununla beraber, stronsiyum, doğal ve antropojenik kaynaklardan çevrede birikerek ekosistemler ile insan sağlığı açısından riskler oluşturabilir (Xu vd., 2026). Stronsiyum "kemik tutucu" (kemiklere yönelen) özellikleri nedeniyle biyolojik açıdan önemlidir (Rentschler vd., 2018). Stronsiyuma uzun süreli maruz kalma sonucu oluşan yüksek stronsiyum birikimi; raşitizme, osteomalaziye, iskelet deformitelerine, yetersiz kemik gelişimine ve kemik kırıklarına yol açabilir. Ayrıca stronsiyumun, bağırsaklardaki kalsiyum emilim verimliliğini azalttığı da bilinmektedir (Coelho vd., 2026).

Bu çerçevede, bu çalışmada maden galeri sularına maruz kalan asma yapraklarında molibden ve stronsiyum elementleri araştırılmış ve konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayrıca tespit edilen element konsantrasyonları Markert (1992) tarafından verilen referans bitki değerleri ile mukayese edilmiştir.

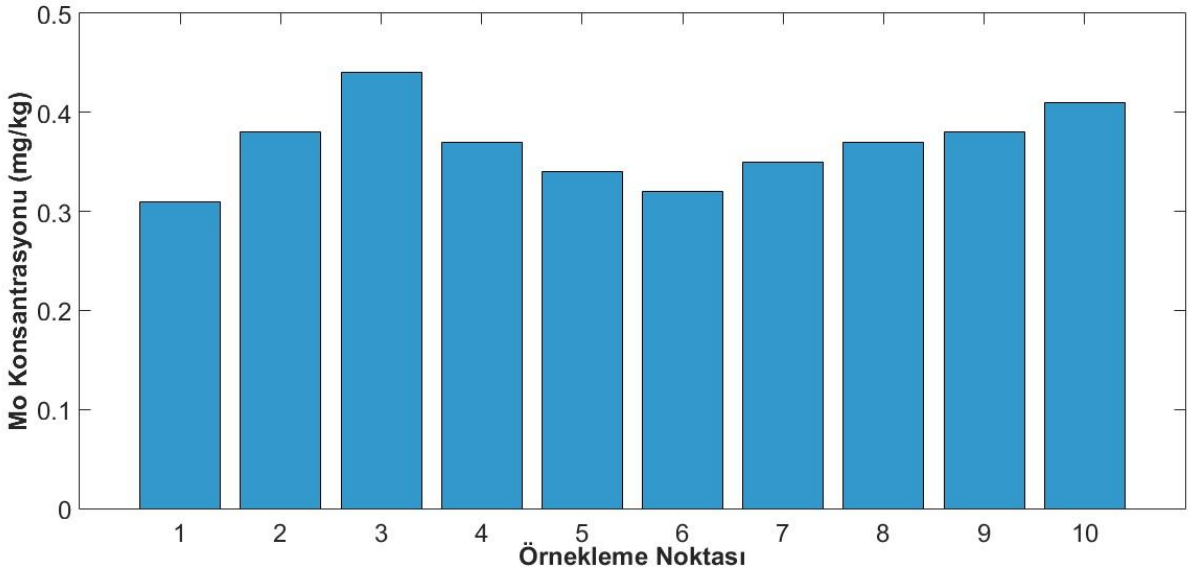
2. MATERYAL VE METOT

Elazığ ili Keban ilçesinde yer alan ve kullanıldıktan sonra terk edilen bir maden sahası alanı çalışma alanı olarak seçilmiştir. Terkedilmiş maden galeri tipinde olup galeriden çıkan sular asma bitkilerine ulaşmaktadır. Bu çerçevede, maden galeri sularının ulaştığı alanda yetişen asma yaprakları materyal olarak seçilmiştir. Çalışma alanından 10 farklı örnekleme yapılmış ve asma yaprakları toplanmıştır. Toplanan bitkiler laboratuvara getirilmiş, saf suyla yıkanmış ve kurutulmuştur. Kurutulmuş örnekler öğütücü yardımıyla homojen hale getirilmiş ve akredite olan bir laboratuvara gönderilmiştir. Asma örneklerinde Mo ve Sr konsantrasyonları belirlenmiş ve elde edilen veriler referans bitki değerleriyle mukayese edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

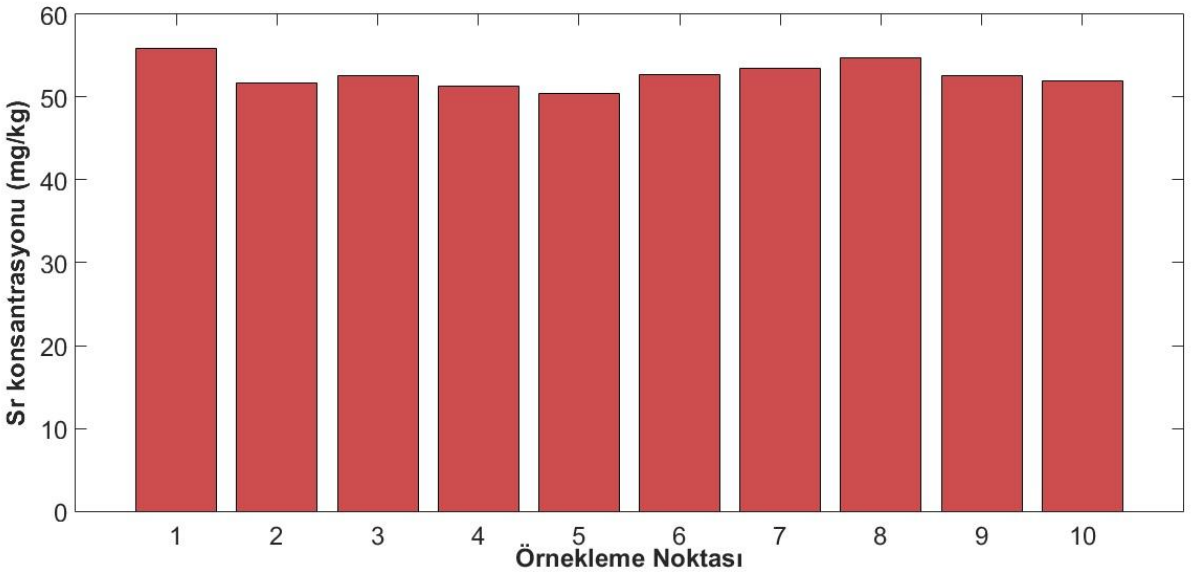
Terkedilmiş maden galeri sularına maruz kalan asmalarda akümüle olan molibdenin örnekleme noktalarına göre değişimi Şekil 1'de verilmiştir.

© 2026 ISARC Academy



Şekil 1. Molibden konsantrasyonlarının örnekleme noktalarına göre değişimi

Şekil 1'de örnekleme noktaları incelendiğinde, en yüksek Mo konsantrasyonu 3. örnekleme noktasından alınan asma örneğinde 0,44 mg/kg olarak tespit edilirken en düşük Mo konsantrasyonu 1. örnekleme noktasından alınan asma örneğinde 0,31 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Örnekleme noktalarından alınan asmalarda Mo konsantrasyonlarının çok fazla değişiklik göstermediği gözlenmiştir. Örnekleme noktalarına göre Mo konsantrasyonları büyükten küçüğe doğru 3 > 10 > 2 = 9 > 4 = 8 > 7 > 5 > 6 > 1 şeklinde sıralanmıştır. Terkedilmiş maden galeri sularına maruz kalan asmalarda akümüle olan stronsiyumun örnekleme noktalarına göre değişimi Şekil 2'de verilmiştir.

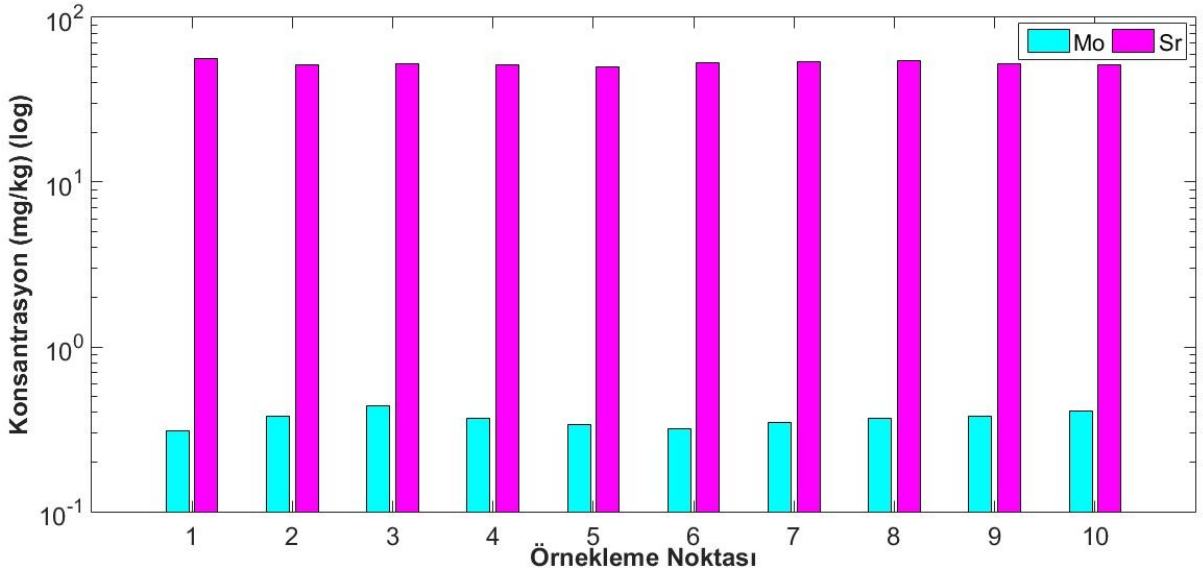


Şekil 2. Stronsiyum konsantrasyonlarının örnekleme noktalarına göre değişimi

Şekil 2'de en yüksek Sr konsantrasyonu 1. örnekleme noktasından alınan asma örneğinde 55,9 mg/kg olarak tespit edilirken en düşük Sr konsantrasyonu 5. örnekleme noktasından alınan asma örneğinde 50,4 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Farklı örnekleme noktalarından toplanan asma örneklerinde tespit edilen Sr konsantrasyonlarının örnekleme noktalarına göre çok fazla değişmediği gözlenmiştir. Sr konsantrasyonları örnekleme noktalarına göre büyükten küçüğe doğru 1 > 8 > 7 > 6 > 3 = 9 > 10 > 2 >

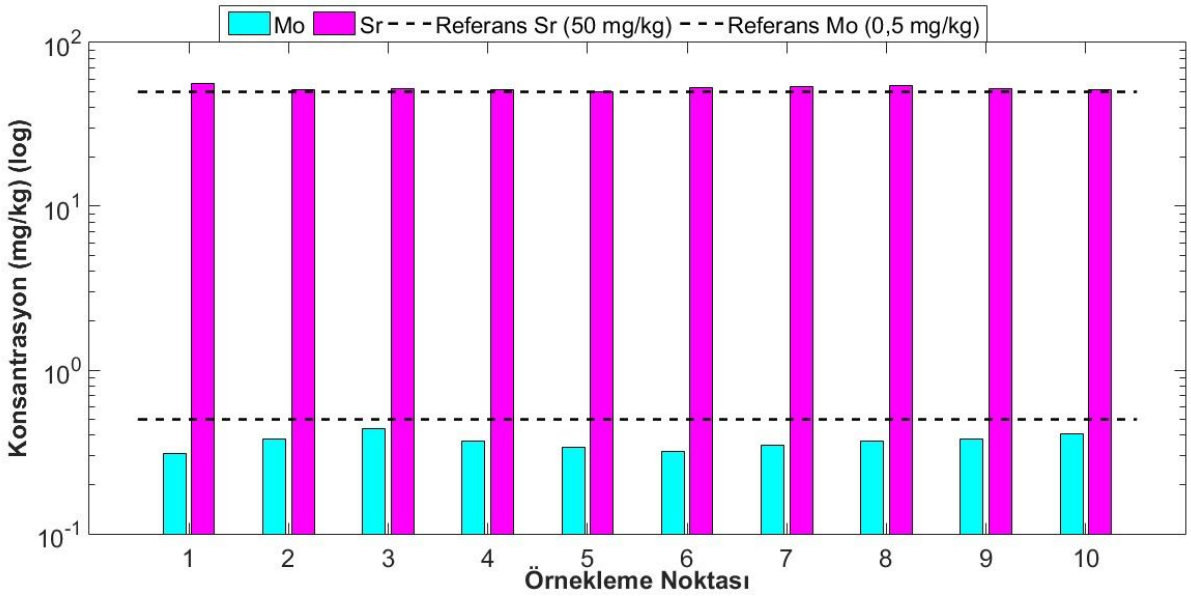
© 2026 ISARC Academy

4 > 5 şeklinde sıralanmıştır. Terkedilmiş maden galeri sularına maruz kalan asmalarda akümüle olan Mo ve Sr konsantrasyonları karşılaştırılmıştır. Örnekleme noktalarında tespit edilen Mo ve Sr konsantrasyonlarının karşılaştırılması Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Örnekleme noktalarında tespit edilen Mo ve Sr konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Şekil 3'te Sr konsantrasyonlarının Mo konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu gözlenmiştir. 1. örnekleme noktasında Sr konsantrasyonu Mo konsantrasyonundan 180,3 kat, 2. örnekleme noktasında 136 kat, 3. örnekleme noktasında 119,5 kat, 4. örnekleme noktasında 138,6 kat, 5. örnekleme noktasında 148,2 kat, 6. örnekleme noktasında 164,6 kat, 7. örnekleme noktasında 152,8 kat, 8. örnekleme noktasında 148,1 kat, 9. örnekleme noktasında 138,4 kat ve 10. örnekleme noktasında 126,5 kat daha yüksek değerler almıştır. Sr konsantrasyonlarının asma yaprağında daha fazla akümüle olduğu net bir şekilde görülmektedir. Bunun nedeni, asmaların Mo ziyade Sr elementini tercih etmesidir. Asmalarda tespit edilen Mo ve Sr konsantrasyonları Markert (1992) tarafından verilen referans bitki değerleriyle mukayese edilmiştir. Elde edilen bulgular Şekil 4'te verilmiştir.



© 2026 ISARC Academy

Şekil 4. Mo ve Sr konsantrasyonlarının referans bitki değerleri ile karşılaştırılması

Mo için referans bitki değeri 0,5 mg/kg olarak verilirken Sr için referans bitki değeri 50 mg/kg olarak verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde Sr konsantrasyonlarının verilen referans bitki değerlerinden yüksek olduğu görülürken Mo konsantrasyonlarının ise verilen referans bitki değerinden düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, maden sahasından çıkan sularda Sr konsantrasyonlarının daha fazla olduğunu gösterebilir. Ayrıca, Sr elementi asma tarafından daha çok tercih edilebilir ve böylece iyi şekilde akümüle olabilir. Sr konsantrasyonları referans bitki değerleriyle mukayese edildiğinde 1. örnekleme noktasında 1,118 kat, 2. örnekleme noktasında 1,034 kat, 3. örnekleme noktasında 1,052 kat, 4. örnekleme noktasında 1,026 kat, 5. örnekleme noktasında 1,008 kat, 6. örnekleme noktasında 1,054 kat, 7. örnekleme noktasında 1,07 kat, 8. örnekleme noktasında 1,096 kat, 9. örnekleme noktasında 1,052 kat ve 10. örnekleme noktasında 1,038 kat daha yüksektir.

4. SONUÇLAR

Terkedilmiş maden sahalarından kaynaklanan galeri suları içermiş oldukları element içeriği nedeniyle önemlidir. Bu çalışmada, maden sahasından kaynaklanan galeri sularına maruz kalan asmalarda Mo ve Sr konsantrasyonları farklı örnekleme noktalarında belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar en yüksek akümülasyon olan elementin Sr olduğunu göstermiştir. Molibden konsantrasyonları her bir örnekleme noktasında Sr konsantrasyonlarından düşük değerler almıştır. En yüksek Sr konsantrasyonu 1. örnekleme noktasında 55,9 mg/kg olarak en yüksek Mo konsantrasyonu ise 3. örnekleme noktasından 0,44 mg/kg olarak belirlenmiştir. Hem Mo hem de Sr konsantrasyonlarının örnekleme noktalarında çok fazla değişiklik göstermediği gözlenmiştir. Sonuç olarak, asma yapraklarının insanlar tarafından gıda olarak tüketilmesi Sr açısından insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu nedenle, bu elementlerin sürekli izlenmesi önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

Coelho, J. L., Sontakke, S. M., & Ramanan, S. R. (2026). Geogenic silica and strontium in groundwater and their health impacts. Chemosphere, 402(144935), 144935. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2026.144935.

Hippler, F. W. R., Boaretto, R. M., Dovis, V. L., Gomes, G. O. F., Quaggio, J. A., Quiñones, A., & Mattos-Jr., D. (2017). Revisiting nutrient management for Citrus production: to what extent does molybdenum affect nitrogen assimilation of trees? Scientia Horticulturae, 225, 462–470. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.06.049.

Król, A., & Weidner, S. (2017). Changes in the proteome of grapevine leaves (Vitis vinifera L.) during long-term drought stress. Journal of Plant Physiology, 211, 114–126. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.11.016.

Markert, B. (1992). Establishing of Reference Plant for Inorganic Characterization of Different Plant Species By Chemical Fingerprinting. Water, Air and Soil Pollution, 64, 533–538.

Niedermeier, M., Gierlinger, N., & Lütz-Meindl, U. (2018). Biomineralization of strontium and barium contributes to detoxification in the freshwater alga Micrasterias. Journal of Plant Physiology, 230, 80–91. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.08.008.

Rentschler, G., Rodushkin, I., Cerna, M., Chen, C., Harari, F., Harari, R., Horvat, M., Hruba, F., Kasparova, L., Koppova, K., Krskova, A., Krsnik, M., Laamech, J., Li, Y.-F., Löfmark, L., Lundh, T., Lundström, N.-G., Lyoussi, B., Mazej, D., … Bergdahl, I. A. (2018). Platinum, palladium, rhodium, molybdenum and strontium in blood of urban women in nine countries. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 221(2), 223–230. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.017.

Pantelić, M. M., Zagorac, D. Č. D., Ćirić, I. Ž., Pergal, M. V., Relić, D. J., Todić, S. R., & Natić, M. M. (2017). Phenolic profiles, antioxidant activity and minerals in leaves of different grapevine varieties

© 2026 ISARC Academy

grown in Serbia. Journal of Food Composition and Analysis, 62, 76–83. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.05.002.

Sat, I. G., Sengul, M., & Keles, F. (2002). Use of grape leaves in canned food. Pakistan Journal of Nutrition, 1(6), 257–262. https://doi.org/10.3923/pjn.2002.257.262.

Shaheen, S. M., Kwon, E. E., Biswas, J. K., Tack, F. M. G., Ok, Y. S., & Rinklebe, J. (2017). Arsenic, chromium, molybdenum, and selenium: Geochemical fractions and potential mobilization in riverine soil profiles originating from Germany and Egypt. Chemosphere, 180, 553–563. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.04.054.

Sousa, C., Moutinho, C., Matos, C., & Vinha, A. F. (2024). Portuguese grapevine leaves: A neglected by-product with high potential. Applied Sciences (Basel, Switzerland), 14(21), 9803. https://doi.org/10.3390/app14219803.

Sun, W., & Selim, H. M. (2017). Molybdenum-phosphate retention and transport in soils. Geoderma, 308, 60–68. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.031.

Xu, Y., Liang, H., Huang, Y., Yan, W., Liu, Y., & Zhao, L. (2026). Dose-dependent effects of strontium on the calcification physiology of Ruditapes philippinarum larvae. Marine Pollution Bulletin, 233(120387), 120387. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2026.120387.

© 2026 ISARC Academy

SAF SU İLE ÇÖZDÜRÜLEREK YAPIŞTIRILAN PVA MALZEMELERİNİN YAPIŞMA ÖZELLİKLERİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Uğur ÖZMEN

Manisa Celal Bayar University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Şehit Prof. Dr. Ihan Varank Campus, 45140, Manisa, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-1928-8003

ÖZET

Polivinil alkol (PVA), suda çözünebilen sentetik bir polimer olup yapıştırıcı, kaplama ve tekstil gibi birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. PVA'nın suyla etkileşimi yapışma davranışını doğrudan etkileyen temel özelliklerinden biridir; ancak suda bekleme süresi ile yapışma performansı arasındaki ilişki sınırlı sayıda çalışmada ele alınmıştır. Bu çalışmada, saf su ile çözündürülerek yapıştırılan PVA numunelerinin yapışma özellikleri deneysel olarak incelenmiştir. Numuneler, PVA filamenti kullanılarak 3B yazıcıda 0,5, 1, 1,5 ve 2 mm olmak üzere dört farklı kalınlıkta, 30 mm uzunluk ve 12,7 mm genişlikte üretilmiştir. Numuneler saf suda 5 ve 10 dakika bekletilmiş, ardından yine bu çalışma için tasarlanan ve 3B yazıcıda basılan iki PLA aparatının arasına yerleştirilmiştir. Yapışmanın sağlanması amacıyla numuneler üzerine 10 kg yük uygulanmış ve 30 dakika beklenmiştir. Sıyırma testleri 2 mm/dk çekme hızında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mekanik Laboratuvarı Shimadzu Autograph Universal çekme cihazında gerçekleştirilmiş, toplam 35 numuneye ait gerilme–birim uzama grafikleri elde edilmiştir. 0,5 mm kalınlığındaki numuneler 10 dakikalık bekletmede tamamen çözündüğünden bu parametrede teste tabi tutulamamıştır. Elde edilen sonuçlara göre bekleme süresi arttıkça maksimum uzama değerlerinin genel olarak arttığı, maksimum gerilme değerlerinin ise çoğunlukla azaldığı görülmüştür. Bu durum, uzun süre suda bekletilen numunelerde su emiliminin artması ve buna bağlı bozunma ile ilişkilendirilmiştir. Her iki bekleme süresinde de en yüksek gerilme değerine 1,5 mm kalınlığındaki numunelerin sahip olduğu belirlenmiştir. 1 mm kalınlığındaki numunelerde ise maksimum gerilmenin bekleme süresiyle birlikte arttığı gözlenmiştir. Sonuç olarak, PVA'nın yapışma performansının numune kalınlığına ve suda bekleme süresine bağlı olarak değiştiği anlaşılmıştır. İleri çalışmalarda bekleme süresinin 5–10 dakika aralığında daha küçük adımlarla çeşitlendirilmesi ve böylece en uygun yapışma süresinin belirlenmesi önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Polivinil alkol (PVA), saf su, yapışma, sıyırma testi, 3B yazdırma

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE ADHESION PROPERTIES OF PVA MATERIALS BONDED BY DISSOLVING IN PURE WATER

ABSTRACT

Polyvinyl alcohol (PVA) is a water-soluble synthetic polymer that is used in many industrial fields, such as adhesives, coatings, and textiles. The interaction of PVA with water is one of the key properties that directly affects its adhesion behavior; however, the relationship between immersion time in water and adhesion performance has been addressed in a limited number of studies. In this study, the adhesion properties of PVA specimens bonded by dissolving them in pure water were investigated experimentally. The specimens were produced from PVA filament on a 3D printer in four different thicknesses of 0.5, 1, 1.5, and 2 mm, with a length of 30 mm and a width of 12.7 mm. The specimens were immersed in pure water for 5 and 10 minutes and then placed between two PLA fixtures that were designed for this study and printed on a 3D printer. To ensure bonding, a 10 kg load was applied to the specimens, and they were left for 30 minutes. Peel tests were carried out at a crosshead speed of 2 mm/min on a Shimadzu Autograph Universal testing machine at the Mechanical Laboratory of Manisa Celal Bayar University, and stress–strain curves were obtained for a total of 21 specimens. Since the 0.5

© 2026 ISARC Academy

mm thick specimens dissolved completely after 10 minutes of immersion, they could not be tested under this parameter. According to the results obtained, it was observed that the maximum elongation values generally increased with increasing immersion time, whereas the maximum stress values mostly decreased. This behavior was attributed to increased water absorption and the resulting degradation in specimens immersed for longer periods. The highest stress value was found to belong to the 1.5 mm thick specimens at both immersion times. In the 1 mm thick specimens, however, the maximum stress was observed to increase with immersion time. As a result, it was understood that the adhesion performance of PVA varies depending on specimen thickness and immersion time in water. In future studies, it is recommended that the immersion time be varied in smaller steps within the 5–10 minute range so that the optimum bonding time can be determined

Keywords: PVA, pure water, adhesion, peel test, soaking time, FDM

1. GİRİŞ

Yapıştırıcılar ve yapışma teknolojileri; inşaat, otomotiv, elektronik, ambalaj ve tüketici ürünleri gibi birçok sektörde malzemelerin birleştirilmesinde kullanılmaktadır. Bir yapıştırıcının performansı yalnızca kimyasal bileşimine değil, birleştirilen yüzeylerin özelliklerine, uygulama koşullarına ve ortam nemine de bağlıdır. Suyla etkileşebilen polimerler bu bakımdan özel bir yere sahiptir; çünkü su, bu malzemelerin hem işlenmesinde hem de kullanım sırasındaki davranışında belirleyici bir değişkendir.

Polivinil alkol (PVA), doğrudan vinil alkol monomerinden değil, polivinil asetatın (PVAc) hidrolizi ile üretilen ve her tekrar biriminde bir hidroksil grubu taşıyan sentetik bir polimerdir (Haweel ve Ammar 2008). Hidroliz derecesi PVA'nın suda çözünürlüğünü belirleyen temel parametrelerden biridir; çözünürlüğün hidroliz derecesiyle birlikte yaklaşık %87 düzeyine kadar arttığı, bu değerden sonra ise azaldığı bildirilmiştir (Haweel ve Ammar 2008). PVA zincirlerindeki hidroksil grupları hem zincir içinde hem zincirler arasında hidrojen bağları oluşturabilir. Sulu çözeltilerde bu bağlar fiziksel çapraz bağlı bir ağ yapısına yol açmakta ve çözeltinin viskozitesini ve viskoelastik davranışını belirlemektedir (Briscoe vd. 2000; Ni vd. 2022). Ni vd. (2022), ısıtma ve kayma gibi işlemlerin bu hidrojen bağı ağını zayıflattığını göstermiştir. Aynı hidroksil gruplarının PVA'nın yapıştırıcı olarak davranışında da rol oynadığı kabul edilmektedir; nitekim silika ile oluşturulan çapraz bağlı PVA hibrit filmlerinde yapışma dayanımının ve nem altındaki dayanımın bileşime bağlı olarak değiştiği gösterilmiştir (Pingan vd. 2017).

Eklemeli imalatta kullanılan FDM yöntemi, termoplastik filamentin eritilerek katman katman biriktirilmesine dayanır (Gibson vd. 2021). PVA filament, suda çözünebilmesi nedeniyle karmaşık geometrilerin basımında destek malzemesi olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır. Duran vd. (2015), PVA destek malzemesinin çözünme hızını suda kalma süresi, su sıcaklığı, karıştırma hızı ve PVA yüzey alanına göre incelemiş; PVA'nın nem çekme eğiliminin baskı hatalarına yol açtığını ve ABS ile PVA arasındaki yapışmanın çift ekstrüzyonlu baskıda sorun oluşturduğunu bildirmiştir. Bu bulgular, PVA'nın suyla temasının yalnızca çözünmeyi değil, malzemenin yüzey durumunu ve diğer malzemelerle yapışmasını da etkilediğini düşündürmektedir.

PVA'nın saf suyla ıslatılıp yüzeyinin çözdürülmesi, ek bir yapıştırıcı kullanılmadan bir bağlantı oluşturma olasılığını doğurmaktadır. Bu yaklaşımda iki parametre öne çıkmaktadır: PVA'nın suda kaldığı süre ve plakanın kalınlığı. Süre arttıkça çözünen PVA miktarı ve yüzeydeki yumuşamış tabaka artacak, ancak ince kesitlerde malzemenin bütünlüğü kaybolabilecektir. Bu çalışmada, FDM ile basılan PVA plakaların 5 ve 10 dakika saf suda bekletilip PLA yüzeylere yapıştırılması sonucunda elde edilen yapışma davranışı, dört farklı plaka kalınlığı için sıyırma testiyle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Amaç, bu iki parametrenin maksimum gerilme ve maksimum uzama üzerindeki etkisini nicel olarak ortaya koymak ve yöntemin sınırlarını belirlemektir.

© 2026 ISARC Academy

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Numunelerin hazırlanması

PVA filamentler FDM tipi 3B yazıcıda dikdörtgen plakalar basmak için kullanılmıştır. Saf suda bekleme süresi arttıkça çözünmenin artması beklendiğinden plakalar dört farklı kalınlıkta (0,5; 1,0; 1,5 ve 2,0 mm) üretilmiştir. Tüm numunelerin uzunluğu 30 mm, genişliği 12,7 mm'dir. Numuneler SolidWorks ortamında modellenmiştir.

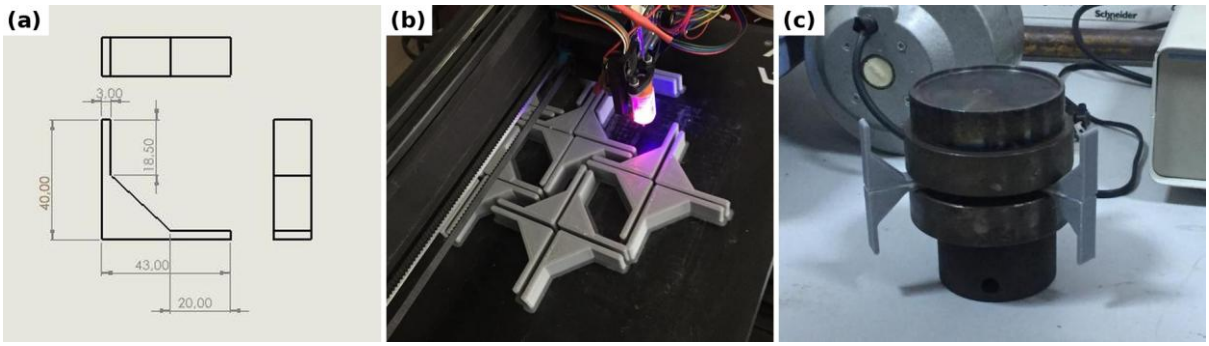
Yapıştırılan PVA numunelerinin çekme makinesine bağlanabilmesi için PLA malzemeden bir aparat tasarlanmış ve FDM ile üretilmiştir. Basım sonrasında aparatların kenarlarındaki destek yapıları kesilmiş, yüzeyler taşlama makinesiyle pürüzsüz hale getirilmiştir; böylece PVA'nın yapışmasının engellenmesi ve testte hatalı sonuç alınması önlenmek istenmiştir.

2.2. Saf suda bekletme ve yapıştırma

PVA numuneler, saf su dolu kaplarda 5 ve 10 dakika bekletilmiştir. Her kalınlık ve her bekletme süresi için üçer numune hazırlanmıştır. 10 dakikalık bekletmede 0,5 mm kalınlıktaki plakalar tamamen çözündüğü için bu grupta test yapılamamıştır; dolayısıyla toplam 12 (5 dakika) + 9 (10 dakika) = 21 numune test edilmiştir (Tablo 1). Numuneler kalınlık–süre–numune sırası numarasıyla kodlanmıştır (örneğin 0,5–5–1). Bekleme süresi sonunda sudan çıkarılan numune, PLA aparatın iç kısmına yerleştirilmiş ve iki aparat sırt sırta getirilerek üzerlerine 10 kg ağırlık konmuştur. Birleşim, bu yük altında 30 dakika bekletilerek yapıştırılmıştır. Su sıcaklığı ve ortam nemi gibi değişkenler bu çalışmada kontrollü parametre olarak ele alınmamıştır.

Tablo 1. Test edilen numune grupları

Plaka kalınlığı (mm)	5 dk bekletme (adet)	10 dk bekletme (adet)	Toplam (adet)
0,5	5	0 (çözündü)	5
1,0	5	5	10
1,5	5	5	10
2,0	5	5	10
Toplam	**20**	**15**	**35**



Şekil 1. Deney düzeneği: (a) PLA aparatın teknik resmi (ölçüler mm), (b) PLA aparatların FDM yazıcıda basımı, (c) yapıştırılan numunelerin 10 kg ağırlık altında bekletilmesi

2.3. Sıyırma testi ve veri değerlendirme

Yapıştırılan numuneler Shimadzu marka çekme makinesinde test edilmiştir. Makinenin çeneleri 1 kN'a kadar yük taşıyabilecek şekilde ayarlanmış, çekme hızı 2 mm/dk olarak seçilmiştir. Test sırasında makine yazılımı gerilme–uzama (stress–stroke) eğrisini kaydetmiş; her numune için maksimum gerilme

© 2026 ISARC Academy

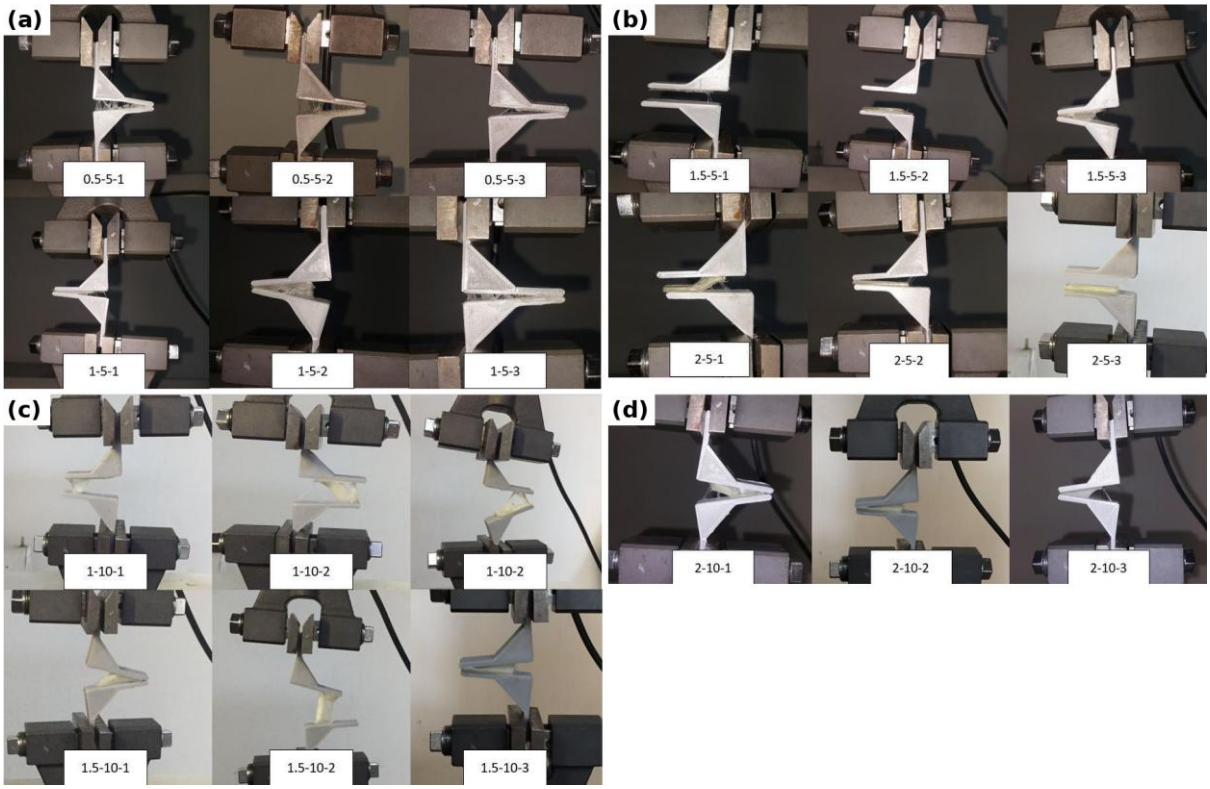
(N/mm²) ve maksimum uzama (mm) değerleri alınmıştır. Bu çalışmada raporlanan değerler, aynı koşullarda test edilen üç numunenin ortalamasıdır ve grafiklerdeki veri etiketlerinden iki ondalık basamak hassasiyetle okunmuştur.

Yapıştırma birleşimlerinin sıyırma dayanımının belirlenmesi için ASTM D903 standardı bulunmaktadır (ASTM International 2017). Bu çalışmadaki düzenek (FDM ile basılmış PLA aparatlar, 12,7 mm genişliğinde PVA numune, 2 mm/dk çekme hızı) standartta tanımlanan numune geometrisi ve deney koşullarıyla örtüşmemektedir. Bu nedenle deney, mutlak bir yapışma dayanımı ölçümü olarak değil, gruplar arası göreli karşılaştırma yapmaya yönelik bir sıyırma/çekme deneyi olarak değerlendirilmelidir.

Bekletme süresinin etkisi, aynı kalınlık için 10 dakikalık değerin 5 dakikalık değere göre yüzde değişimi ile ifade edilmiştir:

$$\Delta\,(\%) = [(X_{10} - X_5) / X_5] \times 100 \qquad (1)$$

Burada X, maksimum gerilme veya maksimum uzamadır; alt indisler bekletme süresini (dakika) göstermektedir.



Şekil 2. Çekme makinesine bağlanan yapıştırılmış numuneler (numune kodu: kalınlık–süre–numune sırası): (a) 0,5 ve 1,0 mm, 5 dk; (b) 1,5 ve 2,0 mm, 5 dk; (c) 1,0 ve 1,5 mm, 10 dk; (d) 2,0 mm, 10 dk

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Kalınlığın etkisi

Her numune grubuna ait maksimum gerilme ve maksimum uzama değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Gerilme değerleri 0,07 ile 0,13 N/mm² arasında, uzama değerleri ise 1,37 ile 2,86 mm arasında değişmiştir.

© 2026 ISARC Academy

Tablo 2. Numune gruplarının maksimum gerilme ve maksimum uzama değerleri (her grupta n = 3)

Kalınlık (mm)	5 dk gerilme (N/mm²)	5 dk uzama (mm)	10 dk gerilme (N/mm²)	10 dk uzama (mm)
0,5	0,11	1,37	çözündü	çözündü
1,0	0,07	2,71	0,10	2,86
1,5	0,13	2,41	0,12	2,85
2,0	0,10	2,42	0,09	2,08

5 dakikalık bekletmede en yüksek gerilme 1,5 mm kalınlıkta (0,13 N/mm²), en düşük gerilme ise 1,0 mm kalınlıkta (0,07 N/mm²) elde edilmiştir; 0,5 mm (0,11 N/mm²) ve 2,0 mm (0,10 N/mm²) numuneler bu iki değerin arasında kalmıştır. Dolayısıyla gerilmenin kalınlıkla değişimi monoton değildir ve kalınlık arttıkça yapışmanın düzenli biçimde arttığı ya da azaldığı söylenemez. 10 dakikalık bekletmede de en yüksek gerilme 1,5 mm kalınlıkta (0,12 N/mm²) elde edilmiş, 1,0 mm (0,10 N/mm²) ve 2,0 mm (0,09 N/mm²) numuneler daha düşük değerler vermiştir. Her iki bekletme süresinde 1,5 mm kalınlığın en yüksek gerilmeyi vermesi, bu kalınlığın söz konusu koşullarda yüzeyde yeterli çözünmüş malzeme oluşturup gövdenin bütünlüğünü koruyan bir denge sunduğunu göstermektedir.

Uzama bakımından 5 dakikalık grupta en düşük değer 0,5 mm kalınlıkta (1,37 mm) görülmüştür; 1,0 mm kalınlıkta uzama yaklaşık iki katına (2,71 mm) çıkmış, 1,5 ve 2,0 mm'de ise 2,41 ve 2,42 mm ile hemen hemen sabit kalmıştır. 0,5 mm numunenin gerilmesinin (0,11 N/mm²) daha kalın numunelerle aynı düzeyde olmasına karşın uzamasının belirgin biçimde düşük olması, ince kesitin küçük bir deformasyonla ayrıldığını göstermektedir. 10 dakikalık grupta 1,0 ve 1,5 mm numunelerde uzama birbirine çok yakın (2,86 ve 2,85 mm), 2,0 mm numunede ise daha düşüktür (2,08 mm).

3.2. Bekletme süresinin etkisi

Bekletme süresinin etkisini değerlendirirken karşılaştırmanın aynı kalınlıklar üzerinden yapılması gerekir. 0,5 mm numuneler yalnızca 5 dakikalık grupta test edilebildiğinden, tüm numunelerin ortalaması alındığında 5 dakikalık ortalama bu numuneyi içerir, 10 dakikalık ortalama içermez. Nitekim tüm numuneler için hesaplanan ortalama gerilme 5 dakikada 0,1023 N/mm², 10 dakikada 0,1008 N/mm² (%1,5 azalma), ortalama uzama ise 2,22 mm ve 2,59 mm (%16,7 artış) bulunmuştur. Ancak 5 dakikalık ortalamanın düşük uzamalı (1,37 mm) 0,5 mm numuneyi içermesi, uzamadaki bu farkın büyük bölümünü açıklamaktadır. Bu nedenle karşılaştırma yalnızca her iki süre için de test edilebilen 1,0; 1,5 ve 2,0 mm kalınlıklar üzerinden yeniden yapılmış ve Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Her iki süre için test edilebilen kalınlıklarda bekletme süresinin etkisi

Kalınlık (mm)	σ, 5 dk (N/mm²)	σ, 10 dk (N/mm²)	Δσ (%)	Uzama, 5 dk (mm)	Uzama, 10 dk (mm)	ΔUzama (%)
1,0	0,07	0,10	+42,9	2,71	2,86	+5,5
1,5	0,13	0,12	−7,7	2,41	2,85	+18,3
2,0	0,10	0,09	−10,0	2,42	2,08	−14,0
Ortalama	**0,100**	**0,103**	**+3,3**	**2,51**	**2,60**	**+3,3**

Aynı üç kalınlık esas alındığında ortalama gerilme 0,100 N/mm²'den 0,103 N/mm²'ye, ortalama uzama 2,51 mm'den 2,60 mm'ye değişmiştir; her iki değişim de yaklaşık %3,3'tür. Bu fark, grafiklerden okunan değerlerin iki ondalık basamaklı çözünürlüğü (±0,005) ve gruplardaki numune sayısı (n = 3) göz önüne alındığında anlamlı kabul edilemez. Dolayısıyla, bekletme süresi arttıkça gerilmenin azaldığı ve

© 2026 ISARC Academy

uzamanın arttığı biçimindeki genel sonuç, ham ortalamalarda görünse de karşılaştırılabilir veri kümesinde doğrulanmamaktadır.

Buna karşılık süre etkisi kalınlığa göre farklı yönde ortaya çıkmıştır. 1,0 mm kalınlıkta süre artışı gerilmeyi %42,9 artırırken (0,07 → 0,10 N/mm²), 1,5 ve 2,0 mm kalınlıkta sırasıyla %7,7 ve %10,0 azaltmıştır. Uzama 1,0 ve 1,5 mm'de artmış (%5,5 ve %18,3), 2,0 mm'de ise %14,0 azalmıştır. Bu karışık tablo, süre etkisinin kalınlıktan bağımsız tek bir yönde ifade edilemeyeceğini göstermektedir. Olası bir açıklama, daha uzun bekletmenin ince kesitte (1,0 mm) yüzeyde daha fazla çözünmüş ve yapışabilir malzeme oluşturması, daha kalın kesitlerde ise suyun plaka içine daha fazla işleyerek malzemeyi yumuşatması ve birleşimin kohezyonunu azaltmasıdır. Su moleküllerinin PVA zincirleri arasındaki hidrojen bağlarının yerini alması ve zincir hareketliliğini artırması fiziksel olarak beklenen bir durumdur (Briscoe vd. 2000; Ni vd. 2022); fakat bu çalışmada su alımı veya çözünen tabaka kalınlığı ölçülmediğinden söz konusu mekanizma yalnızca bir hipotez olarak değerlendirilmelidir.

3.3. İnce kesitlerde çözünme sınırı

En belirgin ve doğrudan gözlenen sonuç, 0,5 mm kalınlıktaki numunelerin 10 dakikalık bekletmede tamamen çözünmesidir. PVA'nın çözünme hızının suda kalma süresine, su sıcaklığına, karıştırmaya ve PVA yüzey alanına bağlı olduğu bilinmektedir (Duran vd. 2015). Aynı hacme göre yüzey alanının büyük, kalınlığın küçük olduğu ince plakalarda suyun malzemenin tamamına ulaşması daha hızlıdır; bu nedenle ince kesitlerde bekletme süresi için bir üst sınır bulunmaktadır. Uygulamada bu, kalınlık seçiminin yalnızca yapışma dayanımını değil, işlem penceresini de belirlediği anlamına gelir: 0,5 mm kalınlıkta 5 dakikalık bekletme test edilebilen en uzun süre olurken, 1,0 mm ve üzerindeki kalınlıklar 10 dakikalık bekletmeye dayanmıştır.

3.4. Sonuçların sınırlılıkları

Elde edilen sonuçların yorumlanmasında şu sınırlılıklar dikkate alınmalıdır. Birincisi, her grup yalnızca üç numuneden oluşmakta, standart sapma veya güven aralığı hesaplanamamaktadır; bu nedenle gruplar arasındaki küçük farklar (özellikle 0,01 N/mm² mertebesindekiler) rastgele sapmalardan ayırt edilememektedir. İkincisi, gerilme değerleri 0,07–0,13 N/mm² gibi düşük bir aralıktadır ve iki ondalık basamakla raporlanması göreli hata payını büyütmektedir. Üçüncüsü, deney düzeneği standart bir yapışma testi değildir (bkz. Bölüm 2.3), dolayısıyla değerler başka çalışmalarla doğrudan kıyaslanamaz. Dördüncüsü, su sıcaklığı, ortam nemi ve numunelerin basım sonrası saklama koşulları kontrol edilmemiştir; PVA'nın nem çekme eğilimi (Duran vd. 2015) göz önüne alındığında bu değişkenler sonuçları etkilemiş olabilir. Son olarak, FDM ile basılan numunelerde katman yapısı ve boşluklar suyun malzemeye nüfuz etmesini etkileyebilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, FDM ile basılan PVA plakaların saf suda 5 ve 10 dakika bekletilerek PLA aparatlara yapıştırılması sonucunda elde edilen yapışma davranışı, dört plaka kalınlığı için sıyırma testiyle incelenmiştir. Toplam 21 numune test edilmiştir; 0,5 mm kalınlıktaki plakalar 10 dakikalık bekletmede tamamen çözündüğünden bu grupta ölçüm yapılamamıştır.

Maksimum gerilme 0,07–0,13 N/mm², maksimum uzama 1,37–2,86 mm aralığında bulunmuştur. Her iki bekletme süresinde en yüksek gerilme 1,5 mm kalınlıkta elde edilmiş (5 dakikada 0,13; 10 dakikada 0,12 N/mm²), gerilmenin kalınlıkla değişimi monoton olmamıştır. Bekletme süresinin etkisi kalınlığa göre farklı yönde ortaya çıkmış (1,0 mm'de gerilme artmış, 1,5 ve 2,0 mm'de azalmıştır); her iki süre için test edilebilen kalınlıklar esas alındığında ortalama gerilme (0,100 ve 0,103 N/mm²) ve ortalama uzama (2,51 ve 2,60 mm) bakımından anlamlı bir fark saptanmamıştır. Tüm numunelerin ham ortalamasında görünen "süre arttıkça gerilme düşer, uzama artar" eğilimi, karşılaştırmaya 0,5 mm numunenin yalnızca 5 dakikalık grupta girmesinden kaynaklanan bir sapmadır.

© 2026 ISARC Academy

Çalışmanın en net bulgusu, ince kesitlerde (0,5 mm) çözünmenin işlem süresi için kritik bir sınır oluşturduğudur. Numune sayısının az olması (n = 3), ölçüm çözünürlüğünün düşük olması ve deney düzeneğinin standart olmaması nedeniyle sonuçlar göreli ve ön nitelikte değerlendirilmelidir. Gelecek çalışmalarda daha fazla tekrar ve istatistiksel değerlendirme, su sıcaklığı ile ortam neminin kontrol altına alınması, 5–10 dakika arasındaki ara bekletme sürelerinin denenmesi, çözünen tabaka kalınlığının veya su alımının ölçülmesi ve ASTM D903 gibi standart bir sıyırma düzeneğinin kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

ASTM International. (2025). ASTM D903-98(2025) Standard test method for peel or stripping strength of adhesive bonds. West Conshohocken, PA: ASTM International. https://doi.org/10.1520/D0903-98R25

Briscoe B, Luckham P, Zhu S. (2000). The effects of hydrogen bonding upon the viscosity of aqueous poly(vinyl alcohol) solutions. Polymer 41(10), 3851–3860. https://doi.org/10.1016/S0032-3861(99)00550-9

Duran C, Subbian V, Giovanetti MT, Simkins JR, Beyette FR. (2015). Experimental desktop 3D printing using dual extrusion and water-soluble polyvinyl alcohol. Rapid Prototyping Journal 21(5), 528–534. https://doi.org/10.1108/RPJ-09-2014-0117

Gibson I, Rosen D, Stucker B, Khorasani M. (2021). Additive manufacturing technologies (3rd ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56127-7

Haweel CK, Ammar SH. (2008). Preparation of polyvinyl alcohol from local raw material. Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering 9(1), 15–21. https://doi.org/10.31699/IJCPE.2008.1.3

Ni Q, Ye W, Du M, Shan G, Song Y, Zheng Q. (2022). Effect of hydrogen bonding on dynamic rheological behavior of PVA aqueous solution. Gels 8(8), 518. https://doi.org/10.3390/gels8080518

Pingan H, Mengjun J, Yanyan Z, Ling H. (2017). A silica/PVA adhesive hybrid material with high transparency, thermostability and mechanical strength. RSC Advances 7(5), 2450–2459. https://doi.org/10.1039/C6RA25579E

© 2026 ISARC Academy

FTO/TiO_2/$CsPbI_3$/CuSCN/Au MİMARİSİNE SAHİP TÜMÜYLE İNORGANİK PEROVSKİT GÜNEŞ HÜCRELERİNİN SCAPS-1D İLE OPTİMİZASYONU: KALINLIK VE KUSUR YOĞUNLUĞUN ETKİSİ

Öğr. Gör. Dr. Muhammed Enes YELKOVAN

Ankara Yıldırım Beyazit University, Central Research Laboratory Application and ResearchCenter, 06010, Ankara

ORCID ID:0009-0006-9066-0724

Prof. Dr. Abdullah YILDIZ

Ankara Yıldırım Beyazit University, Department of Energy Systems Engineering, Faculty ofEngineering and Natural Sciences, 06010, Ankara

ORCID: 0000-0003-4137-6971

ÖZET

Tümüyle inorganik perovskit güneş pilleri (PSC'ler), üstün termal kararlılıkları, yüksek emilim katsayıları ve organik-inorganik hibrit perovskitlerin karşılaştığı nem bazlı bozunma sorunlarına sundukları kalıcı çözümler nedeniyle fotovoltaik teknolojilerinde büyük ilgi görmektedir. Bu çalışmada, inorganik perovskit mimarilerin performans kriterlerini fiziksel sınırlar çerçevesinde değerlendirmek amacıyla, FTO/TiO_2/$CsPbI_3$/CuSCN/Au konfigürasyonuna sahip düzlemsel heteroeklem güneş hücresinin optoelektronik performansı, SCAPS-1D sayısal simülasyon yazılımı kullanılarak teorik olarak incelenmiştir. Hücrenin tasarımında, yüksek taşıyıcı seçiciliği ve düşük maliyet hedeflenerek TiO_2 (ETL) ve CuSCN (HTL) tercih edilmiştir. Başlangıç durumunda (800 nm absorber kalınlığı ve $2.07x10^{14}$ cm^{-3} yığınsal kusur yoğunluğu) cihazın akım-gerilim (*J-V*) karakteristikleri ve harici kuantum verimliliği (EQE) analiz edilmiş, %18.31 Güç Dönüşüm Verimliliği (PCE) elde edilmiştir. Cihazın fiziksel potansiyelini maksimize etmek için $CsPbI_3$ tabakasının kalınlığı (500-5600 nm) ve kristal kalitesini temsil eden yığınsal kusur yoğunluğu (N_t, $1.0x10^{12}$ -$1.0x10^{18}$ cm^{-3}) eşzamanlı taranarak ısı haritaları (heat maps) oluşturulmuştur. Bulgular, kısa devre akımının kalınlık kaynaklı foton emilimiyle, açık devre gerilimi ve dolgu faktörünün ise tamamen *Nt* kaynaklı rekombinasyon oranlarıyla ilişkili olduğunu kanıtlamıştır. Optimizasyon sonucunda, Shockley-Read-Hall (SRH) rekombinasyon kayıplarının minimize edildiği ve ışık emiliminin doygunluğa ulaştığı 1600 nm kalınlık ve $1.0x10^{12}$ kusur yoğunluğunda en yüksek PCE değerine ulaşılmıştır. Bu optimum noktada cihaz %23.94 PCE, 22.05 mA/cm^2 kısa devre akımı, 1.296 V açık devre gerilimi ve %83.76 dolgu faktörü sergilemiştir. Sonuçlar, inorganik perovskitlerde kalınlık ve kusur yönetiminin hücre performansını maksimize etmedeki kritik rolünü fiziksel mekanizmalarla doğrulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Perovskitler, $CsPbI_3$, SCAPS-1D, Isı Haritası, Güneş pilleri.

OPTIMIZATION OF ALL INORGANIC PEROVSKITE SOLAR CELLS WITH FTO/TiO_2/$CsPbI_3$/CUSCN/AU ARCHITECTURE VIA SCAPS-1D: IMPACT OF THICKNESS AND DEFECT DENSITY

ABSTRACT

All inorganic perovskite solar cells (PSCs) are attracting great attention in photovoltaic technologies. They offer superior thermal stability and high absorption coefficients. Furthermore, they provide a permanent solution to the moisture-induced degradation problems of organic-inorganic hybrid perovskites. This study theoretically investigates the optoelectronic performance of a planar

© 2026 ISARC Academy

heterojunction solar cell. The modeled device features an FTO/TiO_2/$CsPbI_3$/CuSCN/Au configuration. SCAPS-1D numerical simulation software was used for the analysis. The main goal is to evaluate the performance criteria of inorganic perovskite architectures within their physical limits. During the cell design, TiO_2 and CuSCN were selected to achieve high carrier selectivity and low cost. Initially, the device was simulated with an 800 nm absorber thickness and a bulk defect density of $2.07x10^{14}$ cm^{-3}. Under these baseline conditions, the current-voltage (*J-V*) and external quantum efficiency (EQE) characteristics yielded a Power Conversion Efficiency (PCE) of 18.31%. To maximize the physical potential of the device, the thickness of the $CsPbI_3$ layer (500-5600 nm) and the bulk defect density (N_t, $1.0x10^{12}$- $1.0x10^{18}$ cm^{-3}) were simultaneously swept. The resulting data were then used to generate performance heat maps. The findings revealed a clear physical relationship. Short-circuit current is directly correlated with thickness driven photon absorption. Meanwhile, open-circuit voltage and fill factor are entirely governed by *Nt* driven recombination rates. Following the optimization, the highest PCE was achieved at a thickness of 1600 nm and a defect density of $1.0x10^{12}$ cm^{-3}. At this optimum point, Shockley-Read-Hall (SRH) recombination losses were minimized and light absorption reached saturation. The optimized device exhibited a PCE of 23.94%, a short-circuit current of 22.05 mA/cm^2, an open-circuit voltage of 1.296 V, and a fill factor of 83.76%. These results confirm that precise thickness and defect management are essential to maximize the photovoltaic potential of inorganic perovskites.

Keywords: Perovskites, $CsPbI_3$, SCAPS-1D, Heat map, Solar cells.

1. INTRODUCTION

Perovskite solar cells (PSCs) have positioned themselves at the forefront of photovoltaic research. Over the last fifteen years, they have achieved efficiency values exceeding 26% (Singh et al., 2026). Organic-inorganic hybrid perovskites often suffer from moisture and thermal stability issues. To overcome these challenges, fully inorganic perovskites based on Cesium (Cs), particularly $CsPbI_3$, offer superior structural stability under ambient conditions. Furthermore, they feature an ideal band gap (~1.7 eV) and a high optical absorption coefficient (Shen et al., 2024). Achieving a highly efficient solar cell requires more than just a high-quality absorber layer. The energy band alignment with both the Electron Transport Layer (ETL) and the Hole Transport Layer (HTL) is equally crucial (Noman et al., 2026). In this study, a planar heterojunction structure of FTO/TiO_2/ $CsPbI_3$/CuSCN/Au was designed. For this architecture, TiO_2 was selected as the ETL to provide high electron conductivity. Meanwhile, cost effective and chemically stable inorganic CuSCN was chosen as the HTL. In experimental processes, managing layer thickness and defects is physically challenging and costly. Therefore, theoretical modeling serves as a highly powerful tool for thin-film optimization. The primary aim of this study is to simultaneously sweep the thickness and bulk defect density (N_t) of the $CsPbI_3$ absorber layer. By doing so, their impact on the fundamental photovoltaic parameters (V_{oc}, J_{sc}, *FF*, and PCE) is evaluated using heat maps. Ultimately, the goal is to determine the theoretical maximum efficiency point where the device can reach its physical limits.

2. METHOD AND SIMULATION APPROACH

Numerical calculations were performed using the SCAPS-1D (Solar Cell Capacitance Simulator) software, which was developed to model the physical behavior of thin-film solar cells. The simulations were carried out under the standard AM 1.5G (100 mW/cm^2) solar spectrum at an operating temperature of 300 K. The program calculates carrier generation and Shockley-Read-Hall (SRH) recombination behaviors within the device under illumination by solving the Poisson and continuity equations (Burgelman et al., 2000). The device configuration was designed as FTO (Front Contact)/TiO_2 (ETL)/ $CsPbI_3$ (Absorber Layer)/CuSCN (HTL)/Au. To realistically model recombination losses at the interfaces, single neutral defects at a level of $1.0x10^{10}$ cm^{-3} were introduced at both the TiO_2/$CsPbI_3$ and $CsPbI_3$/CuSCN interfaces (Hossain et al., 2022). The simulation parameters are provided in Table 1. Furthermore, the work function of the Au back electrode was taken as 5.1 eV. Before the optimization

© 2026 ISARC Academy

of the "base device" performance was initially evaluated with an 800 nm absorber thickness and a bulk defect density of $2.07x10^{12}$ cm^{-3}. Subsequently, a simultaneous parametric sweep was conducted using the SCAPS-1D 'Batch' module. During this stage, the absorber thickness was varied between 500 nm and 5600 nm. The thickness sweep was intentionally terminated at 5600 nm. Simulation calculations indicated that the minority carrier diffusion length (L_n) limit for this structure is approximately 5600 nm. Consequently, any thickness increase beyond this physical boundary was deemed redundant. Concurrently, the bulk defect density was swept on a logarithmic scale from $1.0x10^{12}$ to $1.0x10^{18}$ cm^{-3}. Finally, the resulting data matrix was converted into heat maps.

Table 1. Input Parameters of the FTO, ETL, HTL and Absorber Layer.

PARAMETERS	**FTO** (Premkumar et al.,, 2026)	**TiO2** (Patel et al.,, 2026)	**CsPbI3** (Numan et al.,, 2026)	**CuSCN** (Islam et al.,, 2023)
Thickness [nm]	200	50	800	100
Band gap, E_g [eV]	.5	3.2	1.7	3.4
Electron affinity, [eV]	4	3.9	3.95	1.9
Dielectric permittivity	9	9	6	10
CB effective density of states, Nc [cm^{-3}]	$2.20x10^{18}$	$2.00\ x10^{18}$	$1.10x10^{20}$	$2.20\ x10^{18}$
VB effective density of states, Nv [cm^{-3}]	$1.80x10^{19}$	$1.80\ x10^{19}$	$8.20\ x10^{20}$	$1.80\ x10^{18}$
Electron mobility, [cm^2/Vs^{-1}]	20	20	25	100
Hole mobility, [cm^2/Vs^{-1}]	10	10	25	25
Acceptor density, N_A (cm^{-3})	0	0	$1.00\ x10^{15}$	$1.00\ x10^{18}$
Donor density, N_D (cm^{-3})	$1.00\ x10^{18}$	$9.00\ x10^{16}$	0	0
Defect density, N_t (cm^{-3})	$1.00\ x10^{18}$	$1.00\ x10^{15}$	$2.07\ x10^{14}$	$1.00\ x10^{15}$

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Performance of the base device

An analysis of the Current-Voltage (*J-V*) characteristics and Quantum Efficiency (EQE) curve for the base device (see Figure 1a and 1b) reveals a power conversion efficiency of 18.31%. This baseline device was simulated with an initial absorber thickness of 800 nm and a reference defect density of $2.07x10^{14}$ cm^{-3}. Furthermore, the cell demonstrates an V_{oc} of 1.077 V, a J_{sc} of 21.01 mA/cm^2, and a FF of 80.84% (see Table 2). Additionally, the Energy Band Diagram of the device (see Figure 3) indicates that the TiO_2 and CuSCN layers establish a thermodynamically favorable band alignment with the $CsPbI_3$ absorber layer. This alignment facilitates the transfer of charge carriers to the electrodes across a minimal energy barrier. Consequently, it confirms the highly efficient conversion of a broad photon range between 350 and 700 nm within the EQE spectrum.

Table 2. Solar cell performance parameters of the base device.

Device	V_{oc} (v)	J_{sc} (mA/cm^2)	*FF* (%)	PCE (%)
Base	1.0774	21.016913	80.84	18.31

© 2026 ISARC Academy

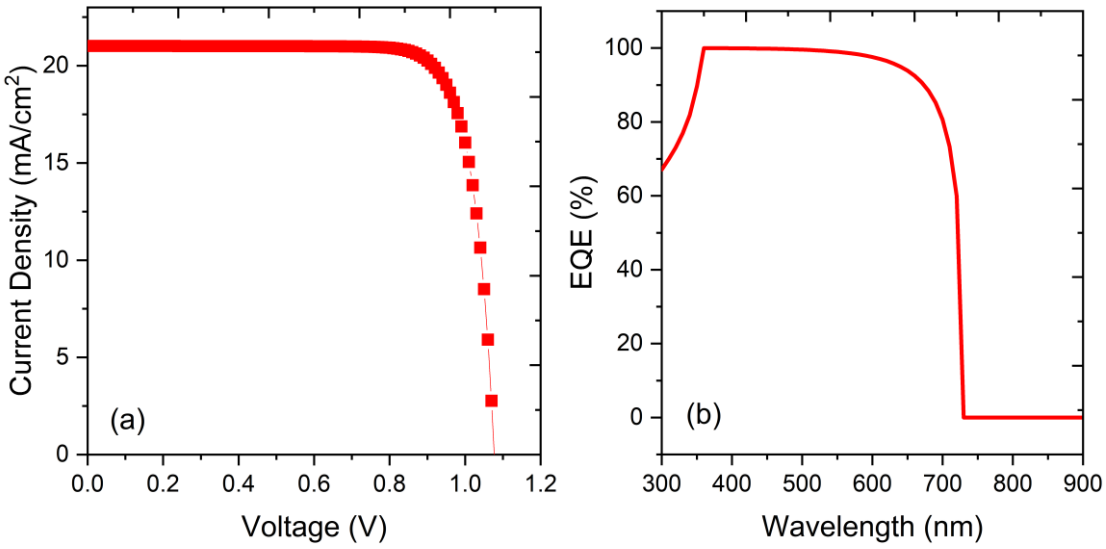


Figure 1. *J-V* curve (a) and EQE curve (b) of the base device.

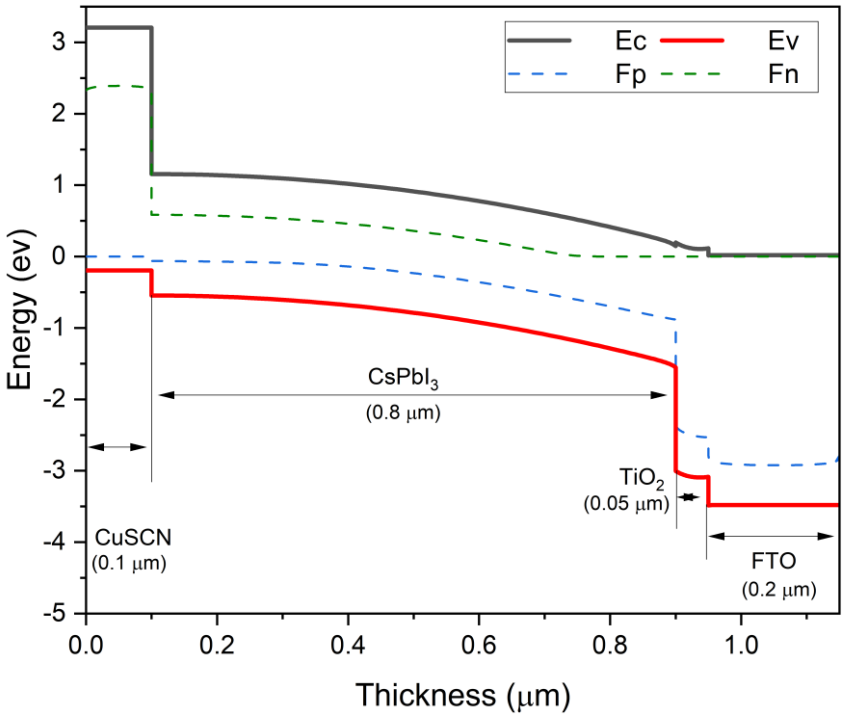


Figure 2. Energy Band Diagram of the base device.

3.2. Optimization of the base device

The Heat Maps generated to investigate the cross-effects of absorber layer thickness and bulk defect density on device performance parameters (V_{oc}, J_{sc}, *FF*, and PCE) are presented in Figure 4. An analysis of the physical outputs within these maps reveals that J_{sc} is predominantly sensitive to the absorber thickness rather than bulk defects. As the $CsPbI_3$ thickness increases, the cell absorbs more photons along a longer optical path, adhering to the Lambert-Beer law. This enhanced absorption increases the electron-hole generation rate (G), which consequently drives up the J_{sc}. However, this increase in current reaches optical saturation at a thickness of approximately 1500 nm, after which it tends to plateau. In

© 2026 ISARC Academy

contrast, the V_{oc} and *FF* are dramatically sensitive to the defect density, which reflects the crystal quality of the material, rather than the absorber thickness.

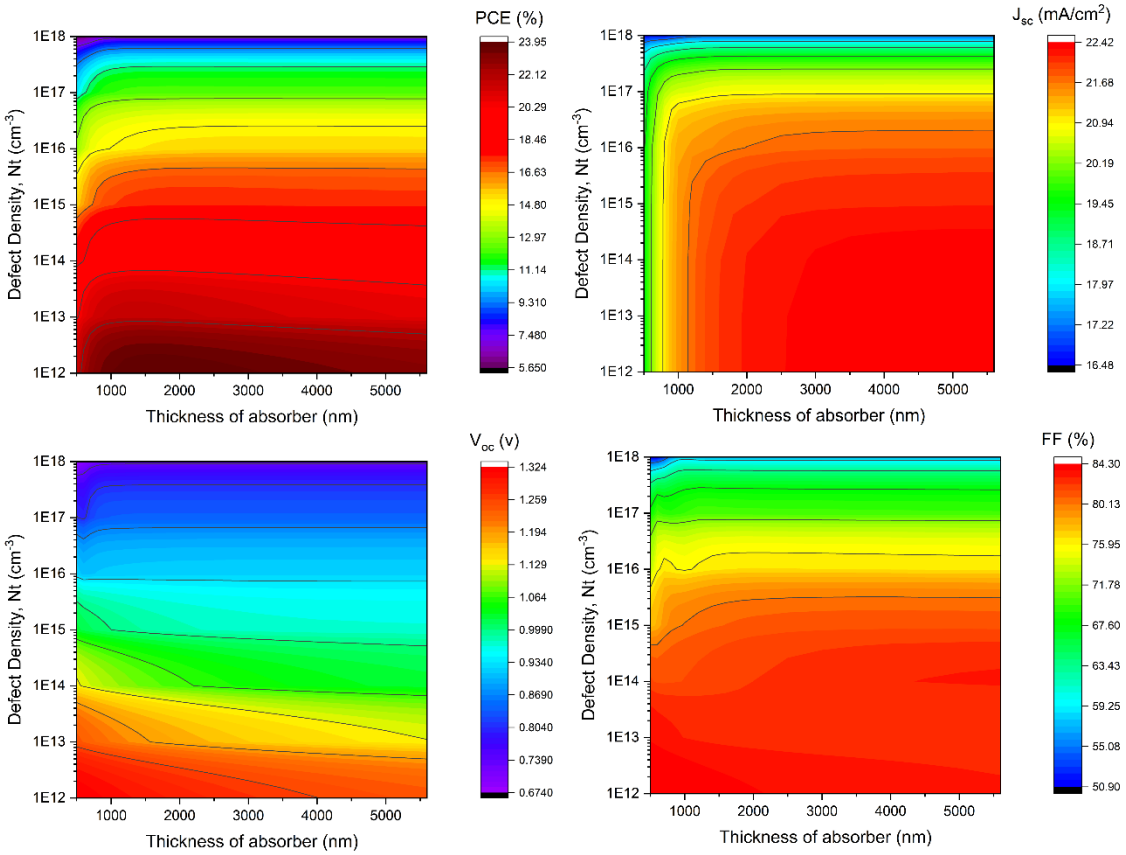


Figure 3. Contour mapping of solar cell parameters with respect to the thickness of the absorber layer and defect density.

As the bulk defect density exceeds the $1.0x10^{15}$ cm^{-3} threshold, the trap-mediated Shockley-Read-Hall (SRH) recombination mechanism becomes dominant within the cell. Free charge carriers generated by photon absorption are captured and annihilated at these defect centers before reaching the electrodes. Consequently, the internal resistance of the device increases. As observed in the maps, this phenomenon leads to a sharp decline (dark-colored regions) in the V_{oc} and *FF* values.

The power conversion efficiency serves as the ultimate culmination of all these processes. It clearly reveals the delicate physical balance between maximizing optical absorption and maintaining high carrier collection efficiency through minimal defects. Evaluating the optimization matrix identifies the most ideal operating point for the system. This optimal state is achieved at an absorber thickness of 1600 nm, where light absorption reaches completion, provided that crystal defects are reduced to a theoretical minimum limit of $1.0x10^{12}$ cm^{-3}. In cells thicker than this optimal value, the carrier diffusion paths are unnecessarily prolonged. As a result, the carrier collection probability decreases, causing the PCE to plateau and exhibit a very slight downward trend. This phenomenon provides the exact physical justification for terminating the simulation sweep at a thickness of 5600 nm. The software calculates the minority carrier diffusion length (L_n) of the material to be precisely 5600 nm. This confirms that charge carriers generated beyond this boundary will have no probability of reaching the contacts. Therefore, any further increase in thickness would merely expand the bulk SRH recombination volume, which ultimately degrades the overall cell efficiency.

© 2026 ISARC Academy

3.3. Optimum Device Performance and Comparison

To verify the optimal point identified from the heat maps (1600 nm thickness and 1.0x10^{12} cm^{-3} defect density), the device was resimulated using these new parameters. A comparison of the *J-V* curves for the reference and the optimized device is presented in Figure 4a. Additionally, the comparison of their EQE curves is illustrated in Figure 4b. The reduced defect density successfully suppressed the dark saturation currents. Consequently, the V_{oc} value increased from 1.077 V to 1.296 V. Furthermore, the extended photon absorption area provided by the thicker cell enhanced the J_{sc} value from 21.01 mA/cm^2 to 22.05 mA/cm^2. As a result, the overall cell performance significantly improved. It rose from an initial efficiency of 18.31% in the reference state to a remarkable PCE level of 23.94% (see Table 3).

Tablo 3. Comparison of solar cell parameters for baseline and optimum devices.

Device	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA/cm^2)	*FF* (%)	PCE (%)
Base	1.077	21.01	80.84	18.31
Optimum	1.296	22.05	83.76	23.94

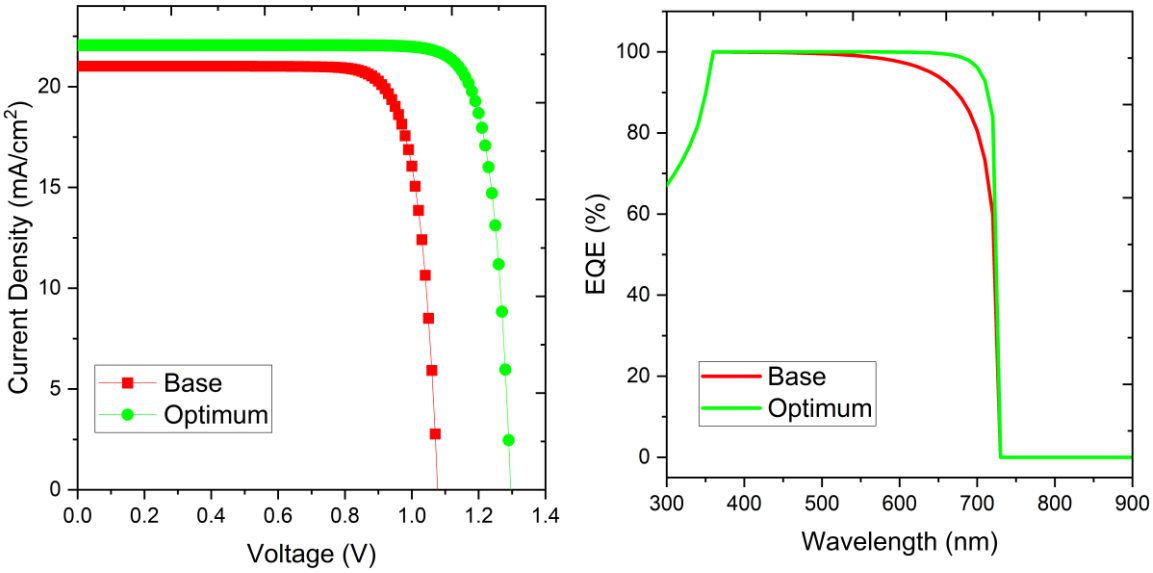


Figure 4. Comparison of *J-V* (a) and EQE (b) plots for base and optimum devices.

4. CONCLUSION

In this study, the performance of a fully inorganic lead halide perovskite solar cell with an FTO/TiO_2/$CsPbI_3$/CuSCN/Au configuration was theoretically investigated and optimized using SCAPS-1D. Heat map analyses confirmed that cell thickness and absorber defect density are the two fundamental parameters determining device performance. Physical analyses proved that merely thickening the absorber layer to increase photon absorption is not sufficient to achieve high efficiency. Simultaneously, bulk crystal defects must be maintained at very low levels (<1.0x10^{14} cm^{-3}). Even if a highly defective structure successfully absorbs photons, it causes a significant reduction in the carrier diffusion length. Consequently, the generated charge carriers are lost through SRH recombination before they can reach the electrodes. Through the parametric sweep, an optimal thickness of 1600 nm and a defect density of 1.0x10^{12} cm^{-3} were identified. Under these ideal conditions, SRH losses were minimized to the lowest possible level. As a result, the initial PCE of the cell increased from 18.31% to 23.94%. These critical findings provide important theoretical boundaries for coating, annealing, and material engineering processes. Ultimately, understanding these limits is essential for scaling stable and highly efficient inorganic PSC architectures to commercial production.

© 2026 ISARC Academy

ACKNOWLEDGEMENTS

We appreciate to Dr. Marc Burgelman and his colleagues at the University of Gent in Belgium for developing and providing the free SCAPS 1-D simulation software.

REFERENCES

Burgelman, M., Nollet, P., & Degrave, S. (2000). Modelling polycrystalline semiconductor solar cells. Thin solid films, 361, 527-532.

Hossain, M. K., Rubel, M. H. K., Toki, G. I., Alam, I., Rahman, M. F., & Bencherif, H. J. A. O. (2022). Effect of various electron and hole transport layers on the performance of CsPbI3-based perovskite solar cells: a numerical investigation in DFT, SCAPS-1D, and wxAMPS frameworks. *ACS omega*, *7*(47), 43210.

Islam, M. A. U., Kato, S., & Soga, T. (2023). An experimental and simulation study of Cu6BiAgI10 photovoltaics with various organic and inorganic hole transport layers for the improved photovoltaic performance of solar cells. *Energy & Fuels*, *37*(24), 19882-19897.

Noman, M., Qamar, A., Jan, S. T., & Hassan Khan, A. H. (2026). Effect of MoS2 Interfacial Engineering across MAPbI3, FAPbI3, and CsPbI3 Perovskite Solar Cells. *ACS omega*, *11*(24), 35589-35604.

Patel, U., Kumar, A., Pramanik, S., Devi, A., Pal, B. N., & Maiti, P. (2026). SnO2 as Electron Transport Layer in CsPbBr3 Perovskite Solar Cells: Experimental and Simulation Approaches. *ACS Applied Energy Materials*, *9*(1), 593-605.

Premkumar, R., Vasudevan, T., Rajasekaran, H., & Chen, L. C. (2026). Performance Optimization of Lead-Free Cs2AgBiI6 Solar Cells with the LBSO Electron Transport Layer: A SCAPS-1D Simulation Study. *ACS omega*, *11*(39), 59861-59873.

Shen, C., Ye, T., Yang, P., & Chen, G. (2024). All-inorganic perovskite solar cells: defect regulation and emerging applications in extreme environments. Advanced Materials, 36(25), 2401498.

Singh V.K., A.K. Singh, S. Parveen, M.S. Chauhan, P.P. Singh, S.P. Patel, D.K. Chaudhary, M.K. Singh, R. Walia, R.S. Singh, V.N. Singh (2025); Simulated 34% Efficient 2T Monolithic $CsPbI_3$/Si Tandem Solar Cells: The Effect of Tailoring Nonradiative Voltage Losses. *ACS Omega*; 10 (20): 20341–20352.

© 2026 ISARC Academy

$CsPbI_3$ SOĞURUCU VE TiO_2 TAŞIYICI TABAKA KALINLIKLARININ GÜNEŞ PILI PERFORMANSINA ETKISI: TEORIK BIR YAKLAŞIM

Öğr. Gör. Dr. Muhammed Enes YELKOVAN

Ankara Yıldırım Beyazit University, Central Research Laboratory Application and ResearchCenter, 06010, Ankara

ORCID ID:0009-0006-9066-0724

Prof. Dr. Abdullah YILDIZ

Ankara Yıldırım Beyazit University, Department of Energy Systems Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, 06010, Ankara

ORCID: 0000-0003-4137-6971

ÖZET

Yeni nesil fotovoltaik araştırmalarında, tümüyle inorganik kurşun halojenür perovskitler ($CsPbI_3$), organik-inorganik hibrit muadillerine kıyasla sundukları kalıcı termal ve çevresel kararlılık avantajlarıyla ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada, FTO/TiO_2/$CsPbI_3$/CuSCN/Au konfigürasyonuna sahip inorganik perovskit güneş hücrelerinde foton emilimi ile taşıyıcı iletimi mekanizmaları arasındaki fiziksel denge, SCAPS-1D simülasyon aracı kullanılarak teorik olarak incelenmiştir. Başlangıç referans cihazı, 800 nm $CsPbI_3$ soğurucu ve 50 nm TiO_2 elektron taşıyıcı tabaka (ETL) kalınlıklarıyla modellenmiş olup, bu durumda cihaz %18.31 Güç Dönüşüm Verimliliği (PCE), 1.077 V açık devre gerilimi (V_{oc}), 21.01 mA/cm^2 kısa devre akımı (J_{sc}) ve %80.84 dolgu faktörü (FF) sergilemiştir. Hücre performansını maksimize etmek amacıyla, TiO_2 kalınlığı (5-100 nm) ile $CsPbI_3$ kalınlığı (500-5600 nm) eşzamanlı parametrik taramaya tabi tutulmuştur. Simülasyon bulguları, artan soğurucu kalınlığı ile J_{sc}'nin yükselerek 2000 nm civarında optik doygunluğa ulaştığını; bu değerin ötesindeki kalınlık artışlarının ise artan yığın hacmine bağlı karanlık doyum akımını (J_0) tetikleyerek V_{oc} değerini baskıladığını göstermiştir. Eşzamanlı olarak, TiO_2 tabakasının kalınlaşması elektriksel seri direnci (R_s) hızla artırmış ve taşıyıcı aktarım kayıplarına yol açmıştır. İki değişkenli optimizasyon sonucunda, optik kazancın ve elektriksel iletimin maksimize edildiği 2000 nm $CsPbI_3$ ve 5 nm TiO_2 kalınlığında hücrenin verimi %18.31'den %18.87'ye yükseltilmiştir. Bulgular, inorganik perovskit mimarilerde kalınlık mühendisliğinin yığınsal direnç ve rekombinasyon kayıplarını minimize etmedeki kritik rolünü ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: İnorganik Perovskit, SCAPS-1D, Optik Doygunluk, Yığınsal Direnç, Kalınlık Optimizasyonu.

EFFECT OF $CsPbI_3$ ABSORBER AND TIO_2 TRANSPORT LAYER THICKNESSES ON SOLAR CELL PERFORMANCE: A THEORETICAL APPROACH

ABSTRACT

In next-generation photovoltaic research, all-inorganic lead halide perovskites ($CsPbI_3$) stand out due to their permanent thermal and environmental stability compared to their organic-inorganic hybrid counterparts. This study theoretically investigates the physical balance between photon absorption and carrier transport mechanisms in an FTO/TiO_2/$CsPbI_3$/CuSCN/Au inorganic perovskite solar cell using the SCAPS-1D simulation tool. The initial reference device was modeled with an 800 nm $CsPbI_3$ absorber and a 50 nm TiO_2 electron transport layer (ETL). Under these baseline conditions, the device exhibited a Power Conversion Efficiency (PCE) of 18.31%, an open-circuit voltage (V_{oc}) of 1.077 V, a

© 2026 ISARC Academy

short-circuit current (J_{sc}) of 21.01 mA/cm^2, and a fill factor (FF) of 80.84%. To maximize cell performance, a simultaneous parametric sweep was conducted for TiO_2 thickness (5-100 nm) and $CsPbI_3$ thickness (500-5600 nm). Simulation findings revealed that J_{sc} increases with absorber thickness, reaching optical saturation at approximately 2000 nm. Thicknesses beyond this point triggered higher dark saturation currents (J_0) due to increased bulk volume, thereby suppressing V_{oc}. Simultaneously, thicker TiO_2 layers rapidly increased the electrical series resistance (R_s), leading to carrier transport losses. Following the two-variable optimization, optical gain and electrical conduction were maximized at 2000 nm $CsPbI_3$ and 5 nm TiO_2, increasing the cell efficiency from 18.31% to 18.87%. The results demonstrate the critical role of thickness engineering in inorganic perovskite architectures for minimizing bulk resistance and recombination losses.

Keywords: Inorganic Perovskite, SCAPS-1D, Optical Saturation, Bulk Resistance, Thickness Optimization.

1. INTRODUCTION

The increasing global energy demand and the climate change challenges driven by greenhouse gas emissions have made the need for low-cost, high-efficiency, and commercially viable renewable energy sources increasingly critical (Karimi Moone & Sharifi, 2024a). Conventional silicon based solar cells, which currently dominate the photovoltaic market, have reached certain physical and cost limitations due to their high-temperature manufacturing processes and thick material requirements. Third-generation photovoltaic technologies, particularly perovskite solar cells, developed to overcome these constraints, have drawn significant attention in the energy sector due to their superior optoelectronic properties, tunable bandgaps, high absorption coefficients, and the advantage of low-cost, room-temperature solution-based fabrication (Hossain et al., 2022). First reported by Kojima et al. in 2009, organic-inorganic hybrid perovskite solar cells have evolved to achieve power conversion efficiencies (PCE) exceeding 26% on a laboratory scale (Singh et al., 2025).

However, despite their high efficiency, the organic cations in conventional hybrid perovskites, such as methylammonium (MA) or formamidinium (FA), are highly sensitive to ambient moisture and heat. This sensitivity leads to structural degradation, significantly hindering the long-term stability and commercialization potential of the cells (Karimi Moone & Sharifi, 2024b). To resolve this durability issue, all-inorganic perovskites have been developed by replacing organic cations with fully inorganic elements like Cesium (Cs). Cesium lead iodide ($CsPbI_3$) exhibits robust structural and thermal stability against moisture and high temperatures, alongside an optimal bandgap of ~1.7 eV. Consequently, $CsPbI_3$ has become a highly promising candidate for fabricating efficient and stable photovoltaic devices (Noman et al., 2026; Singh et al., 2025).

Achieving a high-efficiency inorganic device depends not only on the material properties but also on the thickness optimization of the constituent layers. While a thicker absorber layer enhances photon absorption, it can induce bulk resistance and recombination losses if it exceeds the carrier diffusion length (Karna et al., 2023). Similarly, the thickness of the Electron Transport Layer (ETL) directly governs the series resistance and carrier transport mechanisms.

In this study, the main objective is to investigate the effects of the absorber layer and ETL layers on device performance and to achieve a performance enhancement by determining their optimum thicknesses for the investigated perovskite structure. To achieve this goal, a simultaneous parametric sweep for both layers was performed using the SCAPS-1D simulation tool.

2. SIMULATION METHODOLOGY AND DEVICE MODELING

2.1. Device Architecture and Material Properties

The simulated solar cell modeled as a planar heterojunction structure with the following configuration FTO / TiO_2 / $CsPbI_3$ / CuSCN / Au. In this structure, Fluorine-doped Tin Oxide (FTO) serves as the transparent front contact, while Gold (Au) is utilized as the metallic back contact. Between these

© 2026 ISARC Academy

contacts, the fully inorganic $CsPbI_3$ acts as the active light-harvesting layer. To facilitate efficient charge extraction, Titanium Dioxide (TiO_2) is employed as the Electron Transport Layer (ETL) and Copper(I) Thiocyanate (CuSCN) is selected as the Hole Transport Layer (HTL). The thermodynamic suitability of this configuration is illustrated in the schematic energy band alignment of the device (see Figure 1).

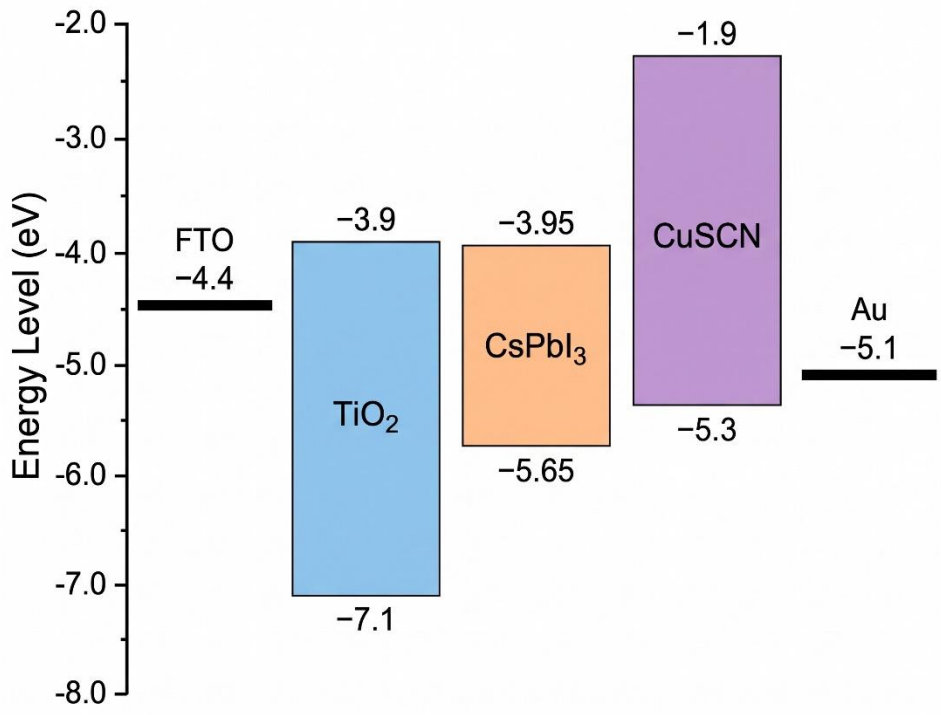


Figure 1. Energy level diagram of the device.

The energy levels of the selected materials reveal a highly favorable cascading band structure. The energy bands of both TiO_2 and CuSCN align perfectly with the $CsPbI_3$ absorber layer. This optimal alignment ensures that photogenerated charge carriers can flow smoothly toward their respective electrodes without encountering any significant energy barriers. Ultimately, this precise and thermodynamically stable matching minimizes interfacial charge accumulation, suppresses recombination losses, and establishes the essential physical groundwork for high carrier collection efficiency.

2.2. Physical Parameters and SCAPS-1D Configuration

In this study, a theoretical model is developed to examine the physical processes within inorganic perovskite solar cells and to optimize their performance. To achieve this, we utilized the numerical simulation tool SCAPS-1D (Solar Cell Capacitance Simulator), developed by Burgelman (Burgelman et al., 2000). All simulations were carried out under standard AM 1.5G illumination with an incident power density of 100 mW/cm² at an operating temperature of 300 K.

The SCAPS-1D software models the basic operation of solar cells based on Shockley-Read-Hall (SRH) recombination statistics. It determines the device behavior by solving three fundamental semiconductor equations: the Poisson equation (Equation 1) and the continuity equations for electrons (Equation 2) and holes (Equation 3).

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(-\grave{o}(x)\frac{\partial \psi}{\partial x}\right)=q\left[p(x)-n(x)+N_D^{+}(x)-N_A^{-}(x)\pm N_t\right] \quad (1)$$

$$\frac{\partial J_n}{\partial x} + G_n - R_n = 0 \quad (2)$$

$$-\frac{\partial J_p}{\partial x} + G_p - R_p = 0 \quad (3)$$

In these equations, ψ is the electrostatic potential; p and n are the hole and electron concentrations; ò is the permittivity; and q is the elementary charge. The terms N_D^+ and N_A^- represent the donor and acceptor doping densities, while N_t denotes the trapped defect density. Furthermore, J_n and J_p are the electron and hole current densities. $G_n\left(G_p\right)$ and $R_n\left(R_p\right)$ correspond to the carrier generation and recombination rates of electron (hole), respectively.

By solving these equations and taking boundary conditions into account, SCAPS-1D computes the key performance parameters of the device, such as J_{sc}, V_{oc}, *FF*, PCE and EQE. To design an accurate model, the input parameters for the FTO, ETL, HTL, and absorber layers were extracted from the literature and are listed in Table 1. Additionally, to realistically model recombination losses at the interfaces, single neutral defects at a level of 1.0×10^{10} cm^{-3} were introduced at both the $TiO_2/CsPbI_3$ and $CsPbI_3$/CuSCN interfaces (Hossain et al., 2022). The work function of the Gold (Au) back contact was taken 5.1 eV.

Table 1. Input parameters of the layers.

PARAMETERS	**FTO** (Premkumar et al.,, 2026)	**TiO2** (Patel et al.,, 2026)	**CsPbI3** (Numan et al.,, 2026)	**CuSCN** (Islam et al.,, 2023)
Thickness [nm]	200	50	800	100
Band gap, E_g [eV]	.5	3.2	1.7	3.4
Electron affinity, [eV]	4	3.9	3.95	1.9
Dielectric permittivity	9	9	6	10
CB effective density of states, Nc [cm^{-3}]	2.20×10^{18}	2.00×10^{18}	1.10×10^{20}	2.20×10^{18}
VB effective density of states, Nv [cm^{-3}]	1.80×10^{19}	1.80×10^{19}	8.20×10^{20}	1.80×10^{18}
Electron mobility, [cm^2/Vs^{-1}]	20	20	25	100
Hole mobility, [cm^2/Vs^{-1}]	10	10	25	25
Acceptor density, N_A (cm^{-3})	0	0	1.00×10^{15}	1.00×10^{18}
Donor density, N_D (cm^{-3})	1.00×10^{18}	9.00×10^{16}	0	0
Defect density, N_t (cm^{-3})	1.00×10^{18}	1.00×10^{15}	2.07×10^{14}	1.00×10^{15}

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Photovoltaic Response of the Baseline Configuration

The unoptimized baseline device (designated as P1) was established with initial layer thicknesses of 800 nm for the $CsPbI_3$ absorber and 50 nm for the TiO_2 electron transport layer. To evaluate its fundamental photovoltaic capabilities, the P1 device was simulated under standard testing conditions, specifically AM 1.5G illumination (100 mW/cm²). The simulated current density-voltage (*J-V*) characteristic of this initial configuration is presented in Figure 2a.

Table 2. Photovoltaic parameters of P1 perovskite solar cell.

Device	V_{oc} (v)	J_{sc} (mA/cm^2)	*FF* (%)	PCE (%)
P1	1.0774	21.016913	80.84	18.31

© 2026 ISARC Academy

The J-V curve demonstrates that P1device yields a J_{sc} of 21.01 mA/cm² and an V_{oc} of 1.077 V. Accompanied by a *FF* of 80.84%, the P1 device achieves an initial power conversion efficiency of 18.31% (see Table 2).

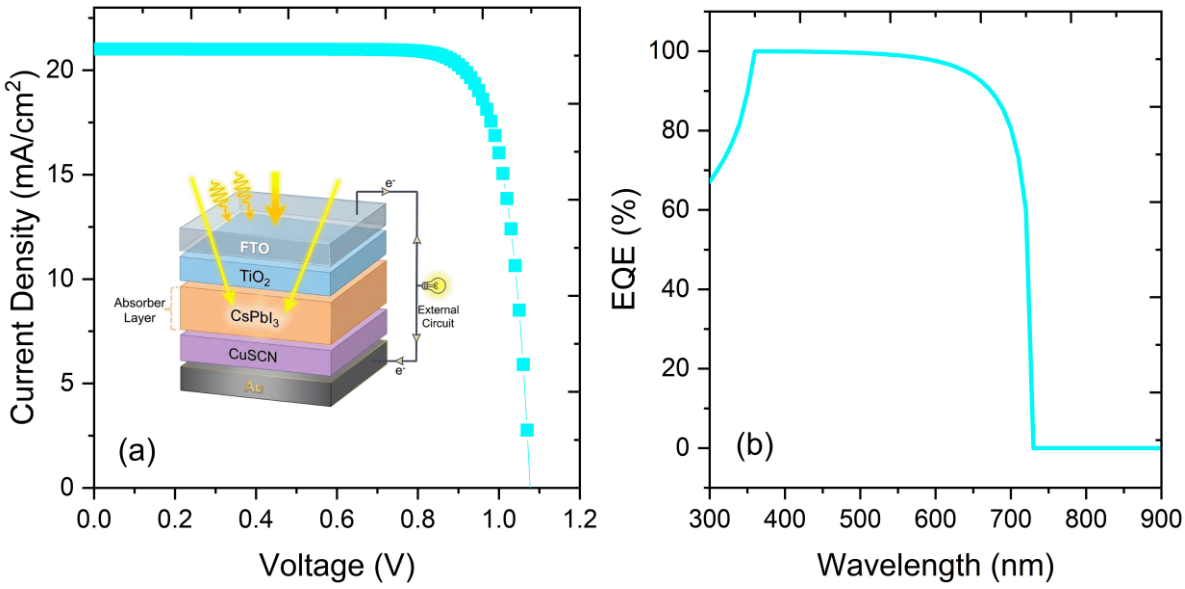


Figure 2. *J-V* curve (a) and EQE curve (b) of the P1 device.

Furthermore, the EQE spectrum shown in Figure 2b, reaches values close to 100% within the visible wavelength range (approximately 400 nm to 700 nm), indicating excellent photon-to-electron conversion. The sharp drop observed around 730 nm is associated with the ~1.7 eV optical bandgap of the inorganic $CsPbI_3$ absorber layer.

3.2. Thickness Optimization

To investigate the influence of layer thicknesses on device performance, a bivariate parametric sweep of the $CsPbI_3$ absorber and TiO_2 electron transport layer was conducted. The $CsPbI_3$ thickness was varied from 500 nm to 5600 nm, while the TiO2 thickness was simultaneously swept from 5 nm to 100 nm. The resulting cross-effects on the fundamental photovoltaic parameters J_{sc}, V_{oc}, *FF* and PCE) are presented in the contour maps in Figure 3.

© 2026 ISARC Academy

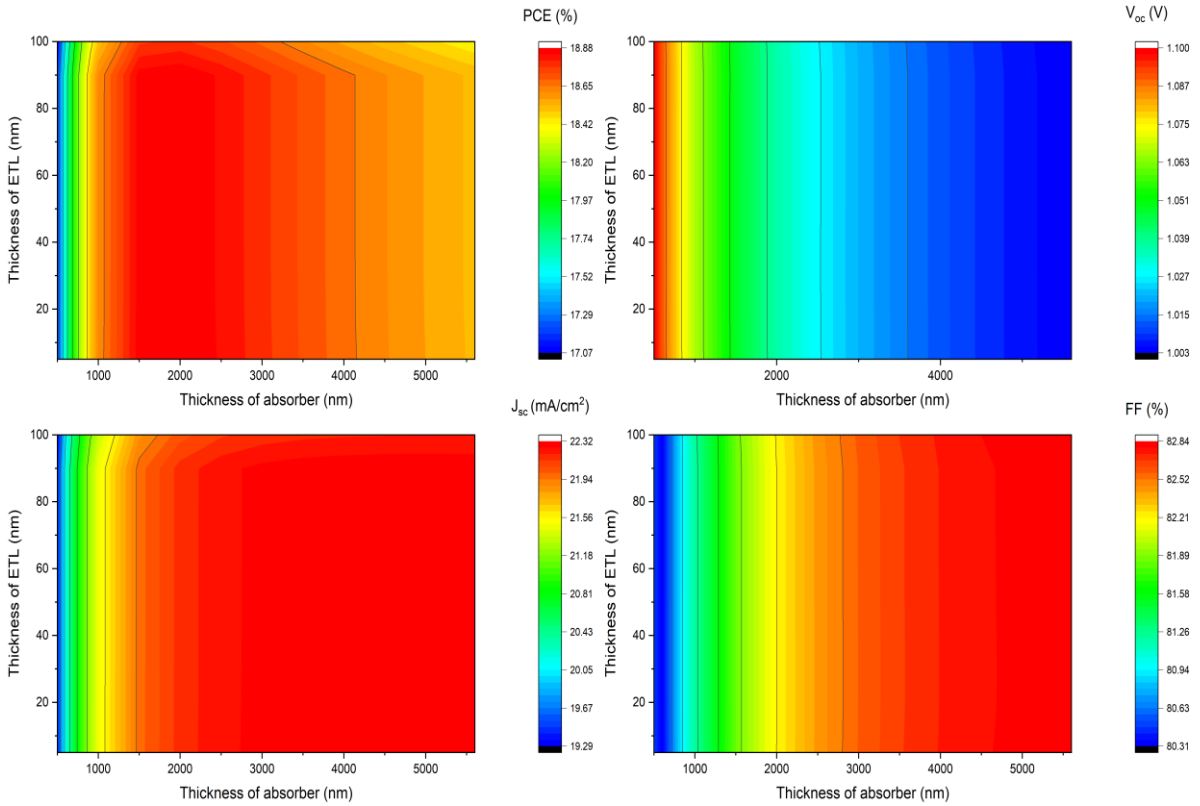


Figure 3. Contour mapping of solar cell parameters with respect to the thickness of the ETL and absorber layer.

The contour maps reveal distinct physical trends. In the J_{sc} map, variations occur primarily along the horizontal axis, driven by the absorber thickness. As the CsPbI3 thickness increases from 500 nm, J_{sc} rises due to the extended optical path length and enhanced photon absorption. This trend plateaus near 2000 nm, indicating optical saturation as the material absorbs most incident photons. Conversely, the V_{oc} declines slightly with increasing absorber thickness. This reduction is attributed to increased defects and non-radiative recombination losses within the larger bulk volume.

The vertical axis (TiO_2 thickness) predominantly governs the *FF* and electrical conduction. Reducing the TiO_2 thickness directly enhances performance by minimizing series resistance, which facilitates efficient electron extraction. Conversely, when the TiO_2 thickness exceeds 10 nm, the increased internal resistance impedes electron collection, causing a notable decline in both *FF* and overall efficiency.

Based on these physical interactions, the optimal thicknesses were determined to be 2000 nm for $CsPbI_3$ and 5 nm for TiO_2. This "P2" configuration yields a short-circuit current of 22.16 mA/cm², an open-circuit voltage of 1.036 V, and a fill factor of 82.21%, resulting in an overall device efficiency of 18.87%.

3.3. Comparative Performance: P1 versus P2

To assess the impact of the bivariate thickness optimization, the performances of P1 and optimized P2 devices were compared. Figure 4a presents the current density-voltage (J-V) curves for both configurations. The P2 device exhibits a higher short-circuit current density of 22.02 mA/cm², compared to 21.01 mA/cm² for P1. Although the open-circuit voltage drops from 1.077 V to 1.045 V due to increased bulk recombination in the thicker absorber, the enhanced current and a higher fill factor of 81.93% compensate for this reduction. As summarized in Table 3, these electrical improvements increase the overall cell efficiency from 18.31% to 18.87%.

© 2026 ISARC Academy

Tablo 3. Comparison of solar cell parameters for P1 and P2 devices.

Device	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA/cm^2)	*FF* (%)	PCE (%)
P1	1.077	21.01	80.84	18.31
P2	1.045	22.02	81.93	18.87

The EQE spectra in Figure 4b illustrate the physical basis for this current enhancement. The P2 device exhibits a stronger optical response in the near-infrared region (600–730 nm). Specifically, the 2000 nm $CsPbI_3$ layer captures additional low-energy photons that remain unabsorbed in the 800 nm baseline structure. Furthermore, the thin (5 nm) TiO_2 layer preserves electrical conduction, complementing these optical gains.

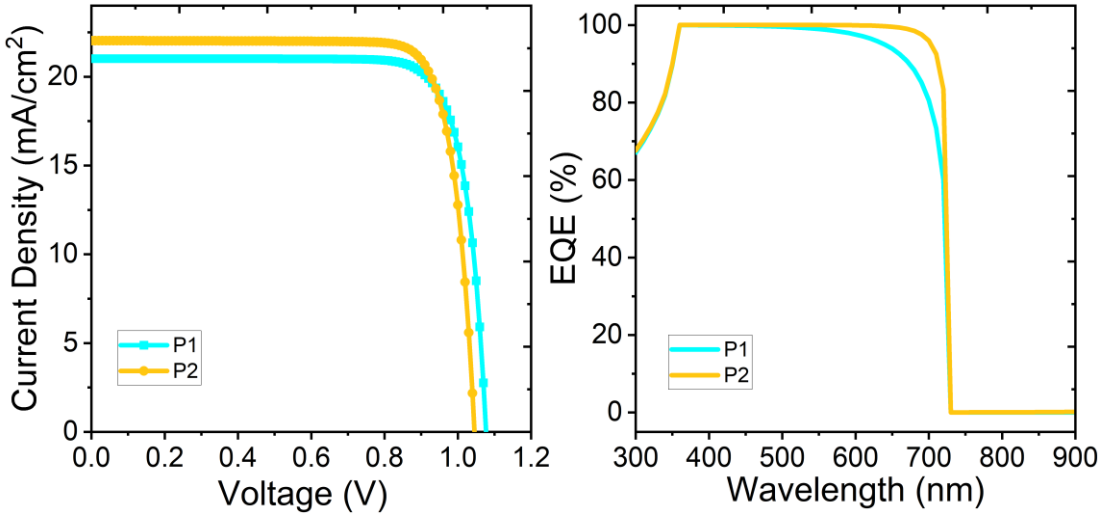


Figure 4. Comparison of *J-V* (a) and EQE (b) plots for P1 and P2 devices.

4. CONCLUSION

In this study, the performance of an FTO/TiO_2/$CsPbI_3$/CuSCN/Au inorganic perovskite solar cell was investigated using SCAPS-1D, exploring the physical limits of layer thicknesses based on a P1 device with an 18.31% efficiency. The findings indicate that increasing the CsPbI3 thickness enhances the J_{sc}, reaching optical saturation near 2000 nm. However, this increased volume triggers bulk recombination, consequently reducing the V_{oc}. Furthermore, reducing the TiO_2 electron transport layer thickness directly lowers internal resistance, positively impacting the *FF*.

Considering these optical and electrical interactions, the optimal physical balance is achieved with 2000 nm of $CsPbI_3$ and 5 nm of TiO_2, yielding an efficiency of 18.87%. Ultimately, rather than claiming dramatic efficiency leaps, this study elucidates the relationship between optical gain and electrical or recombination losses, highlighting the fundamental impact of layer thicknesses in inorganic perovskite architectures.

ACKNOWLEDGEMENTS

We appreciate to Dr. Marc Burgelman and his colleagues at the University of Gent in Belgium for developing and providing the free SCAPS 1-D simulation software.

REFERENCES

Burgelman, M., Nollet, P., & Degrave, S. (2000). Modelling polycrystalline semiconductor solar cells. Thin solid films, 361, 527-532.

© 2026 ISARC Academy

Hossain, M. K., Rubel, M. H. K., Toki, G. F. I., Alam, I., Rahman, M. F., & Bencherif, H. (2022). Effect of various electron and hole transport layers on the performance of CsPbI3-based perovskite solar cells: A numerical investigation in DFT, SCAPS-1D, and wxAMPS frameworks. *ACS Omega*, *7*(47), 43210-43230.

Islam, M. A. U., Kato, S., & Soga, T. (2023). An experimental and simulation study of Cu6BiAgI10 photovoltaics with various organic and inorganic hole transport layers for the improved photovoltaic performance of solar cells. *Energy & Fuels*, *37*(24), 19882-19897.

Karimi Moone, P., & Sharifi, N. (2024a). Comparison of Pb-based and Sn-based perovskite solar cells using SCAPS simulation: optimal efficiency of eco-friendly CsSnI3 devices. *Environmental Science and Pollution Research*, *31*, 51447-51460.

Karimi Moone, P., & Sharifi, N. (2024b). Performance and stability of different all-inorganic and hybrid organic-inorganic perovskites in p-n planar device structure FTO/SnO2/Perovskite/Cu2O/Carbon using SCAPS-1D simulation. *Journal of Optics*, *55*, 1060-1075.

Karna, L. R., Upadhyay, R., & Ghosh, A. (2023). All-inorganic perovskite photovoltaics for power conversion efficiency of 31%. *Scientific Reports*, *13*(1), 15212.

Noman, M., Qamar, A., Jan, S. T., & Khan, A. H. H. (2026). Effect of MoS2 interfacial engineering across MAPbI3, FAPbI3, and CsPbI3 perovskite solar cells. *ACS Omega*, *11*, 35589-35604.

Patel, U., Kumar, A., Pramanik, S., Devi, A., Pal, B. N., & Maiti, P. (2026). SnO2 as Electron Transport Layer in CsPbBr3 Perovskite Solar Cells: Experimental and Simulation Approaches. *ACS Applied Energy Materials*, *9*(1), 593-605.

Premkumar, R., Vasudevan, T., Rajasekaran, H., & Chen, L. C. (2026). Performance Optimization of Lead-Free Cs2AgBiI6 Solar Cells with the LBSO Electron Transport Layer: A SCAPS-1D Simulation Study. *ACS omega*, *11*(39), 59861-59873.

Singh, V. K., Singh, A. K., Parveen, S., Chauhan, M. S., Singh, P. P., Patel, S. P., ... & Singh, V. N. (2025). Simulated 34% efficient 2T monolithic CsPbI3/Si tandem solar cells: The effect of tailoring nonradiative voltage losses. *ACS Omega*, *10*, 20341-20352.

© 2026 ISARC Academy

ÜNİVERSİTELERİN ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ POLİTİKALARINDA YAKINSAMA VE KURUMSAL FARKLILAŞMA

Öğr. Gör. Fatma TOPUZ ERYÜRÜK

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Afyonkarahisar

ORCID ID: 0000-0003-2133-2840

Öğr. Gör. Dr. Hasan ERYÜRÜK

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Afyonkarahisar

ORCID ID: 0000-0002-2080-1169

ÖZET

Yapay zekânın eğitime entegrasyonu giderek yaygınlaşmaktadır. Bununla birlikte yükseköğretim kurumlarında yapay zekâ araçlarının kullanımının artışı sürmektedir. Bu artış akademik dürüstlük, veri güvenliği ve eğitim süreçlerini birlikte ele alarak düzenleyen politikaların geliştirilmesini beraberinde getirmektedir. Bu çerçevede Yükseköğretim Kurumunun Mayıs 2024'te yayımladığı etik rehber bilimsel araştırma ve yayın faaliyetleri için ortak referans özelliğindedir. Üniversiteler farklı kapsamlarda kendilerine ait kurumsal belgelerini hazırlamıştır. Bu çalışmada da üniversitelerin erişime açık belgeleri incelenmiştir. Bu kapsamda üniversitelerin tematik yakınsamaları ve metinsel örtüşmeleri, kuramsal eşbiçimlilik ve politika yayılımları çerçevesinde ele alınmıştır. Çalışmanın temel sorusu "Ortak etik ilkeler kuruma özgü uygulama araçlarıyla ne ölçüde desteklenmektedir?" olarak belirlenmiştir. Araştırmada üniversitelerin erişime açık belgeleri nitel olarak döküman analiziyle incelenmiştir. Altı devlet ve dört vakıf üniversitesi olmak üzere on üniversitenin belgeleri taranmıştır. Metinsel örtüşme, standart belge ve kanun adları ayıklanarak benzersiz ortak sekiz sözcüklük diziler ve Jaccard benzerliği üzerinden hesaplanmıştır. YÖK rehberi ayrı bir karşılaştırma kaynağı olarak kullanılmıştır. Temel etik ilkelerde güçlü yakınsama olduğu görülmüştür. Taranan belgelerin tamamında veri gizliliği, kullanım beyanı, kullanıcı sorumluluğu ve kaynak gösterme bulunmaktadır. Ancak akademik dürüstlük dokuz belgede yer almaktadır. İhlal değerlendirmesi veya yaptırım hükümleri beş, adlandırılmış çok üyeli yönetişim organları dört, yapay zekâ tespit araçlarının kanıt değerine ilişkin düzenlemeleri iki belgede yer almaktadır. Araştırmanın sonucunda ortak ilkelerle, uygulama araçlarının belgelerde aynı sıklıkta bulunmadığı görülmüştür. Metinsel benzerlik tek başına aktarım yönünü veya taklit mekanizmasını kanıtlamamaktadır. Nihayetinde sorumlu organların, ihlal süreçlerinin, ders düzeyinde kuralların ve güncelleme düzeninin açıklaştırılması önerilmektedir. Ayrıca gerçek uygulama ve eşbiçimlilik mekanizmaları görüşmeler ve izleme verileriyle sınanabilir.

Anahtar kelimeler: yapay zekâ, yükseköğretim politikası, kurumsal eşbiçimlilik, politika yayılımı.

CONVERGENCE AND INSTITUTIONAL DIVERSIFICATION IN UNIVERSITIES' GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE POLICIES

ABSTRACT

The integration of artificial intelligence into education is becoming increasingly widespread. At the same time, the use of artificial intelligence tools in higher education institutions continues to grow. This growth necessitates the development of policies that address academic integrity, data security and educational processes in a holistic manner. In this context, the ethical guidelines published by the Higher Education Council in May 2024 serve as a common reference for scientific research and publication activities. Universities have prepared their own institutional documents covering varying scopes. This

© 2026 ISARC Academy

study also examined the publicly accessible documents of these universities. In this context, the thematic convergences and textual overlaps among universities were examined within the framework of theoretical isomorphism and policy diffusion. The central research question was defined as: 'To what extent are common ethical principles supported by institution-specific implementation tools?' The study involved a qualitative document analysis of the universities' publicly accessible documents. Documents from ten universities—comprising six state and four private universities—were screened. Textual overlap was calculated using unique, shared eight-word sequences and Jaccard similarity, after removing standard document and legal text titles. The YÖK guide was used as a separate comparison source. Strong convergence was observed in the fundamental ethical principles. All scanned documents contained provisions on data privacy, statements of use, user responsibility and citation. However, academic integrity was addressed in only nine documents. Provisions regarding assessment of breaches or sanctions were found in five documents; provisions on named multi-member governance bodies in four; and regulations concerning the evidential value of AI detection tools in two documents. The study's findings revealed that, whilst common principles were present, the implementation tools were not found with the same frequency across the documents. Textual similarity alone does not prove the direction of transfer or the mechanism of imitation. Ultimately, it is recommended that the responsible bodies, infringement procedures, course-level rules and the update schedule be clarified. Furthermore, actual implementation and alignment mechanisms can be tested through interviews and monitoring data.

Keywords: artificial intelligence, higher education policy, institutional isomorphism, policy diffusion.

1. GİRİŞ

Üretken yapay zekâ (ÜYZ) üniversitelere pek çok alanda yeni olanaklar sunmaktadır. Öğrenme desteği, içerik oluşturma desteği, araştırma süreçlerine destek bunlardan bazılarıdır. Bu olanakların yanında akademik dürüstlük ve değerlendirmenin geçerliğininin de sorgulanmaya ihtiyacı olmaktadır. (Cotton vd., 2024; Rudolph vd., 2023; Sullivan vd., 2023).

ÜYZ, eğitim alanında sağladığı kişiselleştirme olanaklarının yanısıra yanlış bilgi, önyargı, bağımlılık riskleriyle de ele alınmaktadır (Kasneci vd., 2023; Tlili vd., 2023; Lo, 2023; Farrokhnia vd., 2024). Çok disiplinli değerlendirmelerde kurumsal politika gereksinimine dikkat çekilmektedir. Yükseköğretime yönelik çalışmalar ise risklerin nasıl yönetileceğini tartışmaktadır (Dwivedi vd., 2023; Michel-Villarreal vd., 2023). Chan ve Hu'nun (2023) öğrenci araştırması olumlu beklentilerin doğruluk, gizlilik ve etik kaygılarla birlikte varolduğunu göstermektedir.

Üniversiteler ÜYZ kullanımına farklı sınırlar çizmektedir. Bununla ilgili olarak Moorhouse vd. (2023) dünya sıralamalarındaki ilk 50 üniversitenin değerlendirme rehberlerini incelemiştir. Wang vd. (2024) ABD'deki 100 üniversitenin politika ve kaynaklarını; McDonald vd. (2025) 116 araştırma üniversitesinin belgelerini incelemiştir. Jin vd. (2025) ise altı bölgeden 40 üniversitenin benimseme politikalarını karşılaştırmıştır.

Türkiye'de Yükseköğretim Kurulu (YÖK) tarafından 7 Mayıs 2024'de Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Faaliyetlerinde Üretken Yapay Zekâ Kullanımına Dair Etik Rehber'i kamuoyuna açıklamıştır (YÖK, 2024). Furat (2026) 201 üniversitenin kamuya açık sayfalarını tarayarak 21 ilgili belgeye ulaşmıştır. Bahsi geçen çalışmasında kurum geneline yönelik dokuz belgeyi bilgi ve belge yönetimi gereksinimleri bakımından değerlendirmiştir.

Bu çalışma üniversite belgelerini ortak etik ilkeler ve uygulama araçlarının dağılımı açısından karşılaştırmalı olarak incelemektedir. Bu kapsamda erişilebilir kurumsal belgeler hangi temalarda yakınsamaktadır? Hangi belge çiftlerinde benzersiz ortak sekiz sözcüklük diziler bulunmaktadır? Üniversite türü ve doğrulanabilen belge tarihi tema kapsamını nasıl etkilemektedir? Bulgular eşbiçimlilik ve politika yayılımı yaklaşımlarıyla hangi sınırlar içinde yorumlanabilir? araştırma sorularına cevap aranmaktadır.

© 2026 ISARC Academy

2. YÖNTEM

Araştımada nitel döküman analizi tekniği kullanılmıştır (Bowen, 2009). Başlangıç listesi Furat'ın (2026) çalışmasından yararlanılarak oluşturulmuş ve ek kurumsal belgeler eklenmiştir.

Kurum genelini kapsayıcı özellikte politika belgeleri, rehber metinler kapsama alınmıştır. Genel yapay zekâ politikaları ÜYZ kullanımına uygulnabilen hükümleri açısından değerlendirilmiştir.

Bu kapsamda on üniversitenin resmi kaynaklarından metinlere ulaşılmıştır. Altı devlet üniversitesi ve dört vakıf üniversitesi belgeleri çalışma kapsamında analiz edilmişitr (Tablo 1). YÖK rehberi ayrıca bir karşılaştırma kaynağı olarak kullanılmıştır.

Tablo 1 Analiz kapsamındaki üniversite belgeleri

Kod / üniversite	Tür	Belge	Belge tarihi /sürümü
U1 MEF	Vakıf	Yapay Zekâ Politikası	2026 Sürüm 3.0
U2 Doğuş	Vakıf	Yapay Zekâ Kullanım İlkeleri ve Rehberi	21 Mayıs 2026 Senato 11 Haziran 2026 Mütevelli
U3 Ondokuz Mayıs	Devlet	İdarî Eğitim Öğretim Araştırma ve Yayın Faaliyetlerinde Sorumlu ve Güvenilir Kullanım Rehberi	Ocak 2026 R0
U4 Akdeniz	Devlet	Üretken Yapay Zekâ Kullanım Politikası	12 Haziran 2026 Senato 11/06
U5 Özyeğin	Vakıf	Yapay Zekâ Kullanım Rehberi	t.y.
U6 Sakarya	Devlet	Üretken Yapay Zekâ Kullanım İlkeleri Rehberi	25 Temmuz 2025 Senato 716/12
U7 Burdur Mehmet Akif Ersoy	Devlet	Üretken Yapay Zekâ Kullanımı Etik Rehberi	t.y.
U8 Gazi	Devlet	Üretken Yapay Zekâ Araçlarının Kullanımına İlişkin Etik İlkeler ve Öneriler Rehberi	t.y. Sürüm 1.0
U9 Atılım	Vakıf	Yapay Zekâ Kullanım Politikası	22 Mayıs 2025 Senato 4
U10 Marmara	Devlet	Yapay Zekâ Politikası	t.y.

Başlıklar, ekler ve formlar dahil, kapak, içindekiler, iletişim bilgileri, sayfa üst ve alt bilgileri, web menüleri python dili kullanılarak temizlenmiştir. Temizlenen belgelerin uzunluğu boşlukla ayrılmış 184 – 6225 birim arasında değişmektedir.

Kodlamalarda 21 tema içeren liste kullanılmış, listenin hazırlanmasında YÖK rehberi temel alınmıştır. Ayrıca uluslararası politika çerçeveleri ve önceki belge araştırmaları da kullanılmıştır (Chan, 2023; Jin vd., 2025; McDonald vd., 2025). Temalar belgelerde açık ilke, öneri, yükümlülük veya süreç hükmü varsa 1, yoksa 0 olarak kodlanmıştır.

Temalar tümdengelim yöntemiyle oluşturulmuştur. ÜYZ eğitimi teması, okuryazarlık veya eğitim geliştirme hükmünü; kayıt teması, istemlerin, çıktıların ya da kullanım kayıtlarının belgelenmesini kapsamaktadır. İhlal teması, etik veya disiplin değerlendirmesini içerecek şekilde düzenlenmiştir. Kurumsal araç teması ise kurumsal sistemler için ayrı bir hükmü içerir. Yönetişim organı teması ÜYZ politikasında görev verilen adlandırılmış çok üyeli kurul veya komisyonu kapsamaktadır. Tespit araçları teması kanıt niteliğini veya sınırlılıklarını ele alan düzenlemeye dayanmaktadır.

Metinsel örtüşme hesabı için belgeler yapısal öğelerden temizlenmiştir. Kaynak bağlantıları ayıklanmıştır. Türkçe büyük/küçük harfler uyumlaştırılmış ve â, î, û harfleri sırasıyla a, i, u biçimine dönüştürülmüştür. Satır sonunda sözcükler birleştirilmiştir. Sonrasında harf dizileri olarak ayrılmıştır. Analizde noktalama ve sayı işaretleri ayrı tutulmuştur. Ayrıca ortak dizilere katkı sunmaması adına YÖK rehberinin tam adı, KVKK, Yükseköğretim Kanunu, Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu ve bilimsel araştırma ve yayın etiği yönergesinin standart adları eşleştirmeden çıkarılmıştır. Her belge için benzersiz

© 2026 ISARC Academy

sekiz sözcüklük diziler kümesi oluşturulmuş; aynı dizi bir belgede kaç kez yinelenirse yinelensin bir kez sayılmıştır. Ortak dizi sayısı |A∩B|; Jaccard benzerliği 100 × |A∩B| / |A∪B| olarak hesaplanmıştır. On üniversite için 45 çift, YÖK rehberiyle ayrıca on karşılaştırma yapılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Temel ilkelerin ve uygulama araçlarının dağılımı

Veri gizliliği, ÜYZ kullanımının beyanı, kullanıcı sorumluluğu ve atıf/kaynak gösterme on belgenin tamamında yer almaktadır. Akademik dürüstlük veya özgünlük dokuz, çıktı doğrulama ve önyargı/adalet yedi belgede kodlanmıştır. Tablo 2 bütün temaların dağılımını göstermektedir.

Tablo 2 Temaların görülme sıklığı

Kod	Tema	Belge sayısı	Yüzde
T01	Veri gizliliği ve mahremiyet	10	100
T02	ÜYZ kullanımının beyanı	10	100
T03	Çıktılardan kullanıcı sorumluluğu	10	100
T04	Akademik dürüstlük ve özgünlük	9	90
T05	Atıf ve kaynak gösterme	10	100
T06	Çıktı doğrulama	7	70
T07	Önyargı ve adalet	7	70
T08	İdari süreçlerde kullanım	9	90
T09	ÜYZ okuryazarlığı ve eğitim	6	60
T10	Belgenin güncellenmesi	7	70
T11	İnsan gözetimi ve karar yetkisi	7	70
T12	Ders izlencesi ve ders kuralları	7	70
T13	Ölçme ve değerlendirme	7	70
T14	İstem veya kullanım kayıtları	7	70
T15	Eşit erişim ve erişilebilirlik	6	60
T16	İhlal değerlendirmesi veya yaptırım	5	50
T17	Kurumsal veya onaylı araçlar	4	40
T18	Adlandırılmış çok üyeli yönetişim organı	4	40
T19	ÜYZ yazarlığının reddi	4	40
T20	Tespit araçlarının kanıt değeri	2	20
T21	Çevresel etki	2	20

İdari süreçler 9, ders izlencesi veya ders kuralları 7, ölçme değerlendirme 7 belgede taranmıştır. İhlal değerlendirmesi veya yaptırım hükümleri 5 belgede bulunurken ÜYZ konusunda görev verilen çok üyeli organ 4 belgede adlandırılmıştır.

MEF, Doğuş, Ondokuz Mayıs ve Sakarya belgelerinde ÜYZ'nın yazar olarak gösterilemeyeceği belirtilmiştir (MEF Üniversitesi, 2026; Doğuş Üniversitesi, 2026; Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 2026; Sakarya Üniversitesi, 2025). Metinlerde YÖK'e yapılan atıflar tam kapsamlı hüküm çerçevesi dışında bırakılmıştır. Analizlerde 45 üniversite çiftinin 5 tanesinde en az bir ortak sekiz sözcüklük dizi bulunmuştur (Tablo 3).

Tablo 3 Ortak dizi bulunan üniversite çiftleri

Belge çifti	Ortak benzersiz dizi	Jaccard yüzdesi
Ondokuz Mayıs – Sakarya	17	0,781
Özyeğin – Atılım	9	0,427
Akdeniz – Sakarya	8	0,280
Sakarya – Marmara	8	0,716
Doğuş – Sakarya	2	0,031

© 2026 ISARC Academy

Sakarya belgesi 4 üniversite metniyle ortak dizi paylaşmaktadır. Ondokuz Mayıs–Sakarya çiftinde insan kararları ve gizli içerik konularındaki ifadeler; Akdeniz–Sakarya çiftinde amaç ve kapsam dili; Sakarya–Marmara çiftinde beyan, mahremiyet ve kaynak gösterme ifadeleri örtüşmektedir. Doğuş–Sakarya çiftindeki iki dizi, YÖK rehberinde bulunan üst düzey araştırma becerilerine ilişkin ifade bölümünden oluşmaktadır. Yani ortak üçüncü kaynak iki üniversite arasında örtüşme üretebilmektedir (Tablo 4).

Özyeğin–Atılım çiftinde dokuz ortak dizi bulunmuştur. Bunlar ders izlencesinde kullanım kurallarının açıklanmasına ilişkin cümlelerdir ve bitişik sözcüklerden oluşmaktadır (Özyeğin Üniversitesi, t.y., genel ilkeler; Atılım Üniversitesi, 2025, ilke 7). MEF, Burdur Mehmet Akif Ersoy ve Gazi belgeleri seçilen ölçüye göre başka bir üniversite belgesiyle ortak dizi paylaşmamıştır.

Tablo 4 YÖK rehberiyle ortak dizi bulunan üniversite belgeleri

Üniversite	Ortak benzersiz dizi	Jaccard yüzdesi
Ondokuz Mayıs	10	0,277
Sakarya	8	0,235
Doğuş	2	0,025

YÖK rehberiyle karşılaştırmada Ondokuz Mayıs belgesinde 10, Sakarya belgesinde 8, Doğuş belgesinde 2 ortak dizi saptanmıştır. Diğer yedi belgede seçilen eşik altında ortak dizi görülmemiştir.

Tema kapsamı 6 ile 21 arasında değişmektedir. Vakıf üniversitelerinde ortalama 16, devlet üniversitelerinde 12,7 tema izlenmektedir. 2026 tarihli/sürümlü 4 belgenin ortalaması 19, 2025 tarihli 2 belgenin ortalaması 11,5, kabul veya yayın tarihi doğrulanamayan 4 belgenin ortalaması 10,3'tür (Tablo 5).

Tablo 5 Belgelerin tema kapsamı

Üniversite	Kapsanan tema	21 tema içindeki yüzde
MEF	21	100,0
Doğuş	20	95,2
Akdeniz	18	85,7
Ondokuz Mayıs	17	81,0
Özyeğin	15	71,4
Sakarya	15	71,4
Gazi	11	52,4
Burdur Mehmet Akif Ersoy	9	42,9
Atılım	8	38,1
Marmara	6	28,6

Belgelerde kuruma özgü tasarımlar gözlenmektedir. MEF 2026-2027 girişli lisans öğrencilerine yapay zekâ yetkinliğini mezuniyet koşulu olarak tanımlamıştır. Doğuş, belgesinde beyan formlarına ve tespit araçlarının kanıt niteliği bilgisine yer vermiştir. Ondokuz Mayıs ise ders başında kullanım politikasının açıklanmasını ve tezlerde kullanılan komutların belirtilmesini istemektedir (MEF Üniversitesi, 2026; Doğuş Üniversitesi, 2026; Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 2026).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada erişime açık on üniversite belgesi analiz edilmiştir. Bu belgelerin tamamında veri gizliliği, kullanım beyanı, kullanıcı sorumluluğu ve kaynak gösterme yer almaktadır. Diğer taraftan ihlal değerlendirmesi görev verilen çok üyeli organlar ve tespit araçlarının kanıt değeri sınırlı sayıdaki belgelerde açık şekilde düzenlenmiştir. Bulgularda metinsel örtüşme taranmış ve beş üniversite çiftinde

© 2026 ISARC Academy

saptanmıştır. Analiz sonuçları ortak ilkelerin farklı kurumsal tasarımlarla bir araya gelebileceğini göstermektedir. Ancak bu bulgular özgünlük veya eşbiçimlilik hakkında kesin hüküm kurmayı desteklememektedir (DiMaggio ve Powell, 1983; Shipan ve Volden, 2008).

Sonuç olarak üniversitelerin politikalarında düzenlemelere ihtiyaç olduğu görülmektedir. Bu bağlamda sorumlu birimleri, ihlal iddialarının değerlendirilme yollarını, ders düzeyinde kuralların duyurulmasını ve güncelleme düzenini açıklaştırmalarının etkili olacağı görüşü ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte kurumsal araçların kullanım koşulları ve kayıt gereklilikleri ayrıntılandırılabilir. Gerçekleştirilecek düzenlemeler kapsamında YÖK rehberi kurumların uygulama araçlarını geliştirmesine yardımcı olabilir.

KAYNAKLAR

Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*. https://doi.org/10.3316/QRJ0902027

Chan, C. K. Y. (2023). A comprehensive AI policy education framework for university teaching and learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20*, Article 38. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00408-3

Chan, C. K. Y., & Hu, W. (2023). Students' voices on generative AI: Perceptions, benefits, and challenges in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20*, Article 43. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00411-8

Cotton, D. R. E., Cotton, P. A., & Shipway, J. R. (2024). Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. *Innovations in Education and Teaching International, 61*(2), 228–239. https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2190148

DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (1983). The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. *American Sociological Review, 48*(2), 147–160. https://doi.org/10.2307/2095101

Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Koohang, A., Raghavan, V., Ahuja, M., Albanna, H., Albashrawi, M. A., Al-Busaidi, A. S., Balakrishnan, J., Barlette, Y., Basu, S., Bose, I., Brooks, L., Buhalis, D., … Wright, R. (2023). Opinion Paper: "So what if ChatGPT wrote it?" Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *International Journal of Information Management, 71*, Article 102642. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642

Farrokhnia, M., Banihashem, S. K., Noroozi, O., & Wals, A. (2024). A SWOT analysis of ChatGPT: Implications for educational practice and research. *Innovations in Education and Teaching International, 61*(3), 460–474. https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2195846

Furat, M. F. (2026). Türkiye'de üniversitelerin üretken yapay zekâ politikalarında bilgi ve belge yönetimi gereksinimleri: Kurumsal görünürlük ve boşluk analizi. *Üniversite Araştırmaları Dergisi, 9*(3), 411–426. https://doi.org/10.32329/uad.1975935

Jin, Y., Yan, L., Echeverria, V., Gašević, D., & Martinez-Maldonado, R. (2025). Generative AI in higher education: A global perspective of institutional adoption policies and guidelines. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 8*, Article 100348. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100348

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., … Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences, 103*, Article 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Lo, C. K. (2023). What is the impact of ChatGPT on education? A rapid review of the literature. *Education Sciences, 13*(4), Article 410. https://doi.org/10.3390/educsci13040410

© 2026 ISARC Academy

McDonald, N., Johri, A., Ali, A., & Collier, A. H. (2025). Generative artificial intelligence in higher education: Evidence from an analysis of institutional policies and guidelines. *Computers in Human Behavior: Artificial Humans, 3*, Article 100121. https://doi.org/10.1016/j.chbah.2025.100121

Michel-Villarreal, R., Vilalta-Perdomo, E., Salinas-Navarro, D. E., Thierry-Aguilera, R., & Gerardou, F. S. (2023). Challenges and opportunities of generative AI for higher education as explained by ChatGPT. *Education Sciences, 13*(9), Article 856. https://doi.org/10.3390/educsci13090856

Moorhouse, B. L., Yeo, M. A., & Wan, Y. (2023). Generative AI tools and assessment: Guidelines of the world's top-ranking universities. *Computers and Education Open, 5*, Article 100151. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2023.100151

Rudolph, J., Tan, S., & Tan, S. (2023). ChatGPT: Bullshit spewer or the end of traditional assessments in higher education? *Journal of Applied Learning & Teaching, 6*(1), 342–363. https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.1.9

Shipan, C. R., & Volden, C. (2008). The mechanisms of policy diffusion. American Journal of Political Science, 52(4), 840–857.

Sullivan, M., Kelly, A., & McLaughlan, P. (2023). ChatGPT in higher education: Considerations for academic integrity and student learning. *Journal of Applied Learning & Teaching, 6*(1), 31–40. https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.1.17

Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M. A., Bozkurt, A., Hickey, D. T., Huang, R., & Agyemang, B. (2023). What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. *Smart Learning Environments, 10*, Article 15. https://doi.org/10.1186/s40561-023-00237-x

Wang, H., Dang, A., Wu, Z., & Mac, S. (2024). Generative AI in higher education: Seeing ChatGPT through universities' policies, resources, and guidelines. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 7*, Article 100326. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100326

Yükseköğretim Kurulu. (2024). *Yükseköğretim kurumları bilimsel araştırma ve yayın faaliyetlerinde üretken yapay zekâ kullanımına dair etik rehber*. https://proje.yok.gov.tr/documentFiles/17539645334.Yükseköğretimde üretken yapay zeka kullanımı-tr.pdf

İncelenen Belge Kaynakları

Akdeniz Üniversitesi. (2026). *Üretken Yapay Zekâ Kullanım Politikası*. https://yzkk.akdeniz.edu.tr/tr/uretken_yapay_zekâ_kullanim_politikasi-18534

Atılım Üniversitesi. (2025). *Yapay Zekâ Kullanım Politikası*. https://www.atilim.edu.tr/uploads/pages/mevzuat-1517410923/1748592536-ATILIM ÜNİVERSİTESİ YAPAY ZEKA POLİTİKA BELGESİ.pdf

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi. (t.y.). *Üretken Yapay Zekâ Kullanımı Etik Rehberi*. https://depo.mehmetakif.edu.tr/storage/maku/contents/7646/4_7646_2026-05-14-08-23-20-53941_uretken-yapay-zeka-kullanimi-etik-rehberi.pdf

Doğuş Üniversitesi. (2026). *Yapay Zekâ Kullanım İlkeleri ve Rehberi*. https://www.dogus.edu.tr/docs/default-source/yonergeler/yonergelerimiz/yapay-zekâ-kullanim-ilkeleri-ve-rehberi.pdf

Gazi Üniversitesi. (t.y.). *Üretken yapay zekâ araçlarının kullanımına ilişkin etik ilkeler ve öneriler rehberi (Sürüm 1.0)*. https://ai.gazi.edu.tr/files/etik-ilkeler.pdf

Marmara Üniversitesi. (t.y.). *Yapay Zekâ Politikası*. https://ebe.marmara.edu.tr/idari/marmara-universitesi-yapay-zeka-politikasi

MEF Üniversitesi. (2026). *MEF Üniversitesi yapay zekâ politikası (Sürüm 3.0)*. https://www.datocms-assets.com/99182/1785594918-mef-universitesi-yapay-zeka-politikasi-versiyon-3.pdf

© 2026 ISARC Academy

Ondokuz Mayıs Üniversitesi. (2026). *İdarî, eğitim-öğretim, araştırma ve yayın amaçlı faaliyetlerde üretken yapay zekânın (ÜYZ) sorumlu ve güvenilir kullanım rehberi (R0, Ocak 2026)*. https://lisansustu.omu.edu.tr/tr/enstitumuz/mevzuat/Yapay Zeka Rehberi.pdf

Özyeğin Üniversitesi. *Yapay Zekâ Kullanım Rehberi*. https://www.ozyegin.edu.tr/tr/hakkimizda/ilkeler-ve-politikalar/yapay-zeka-kullanim-politikasi/ozyegin-universitesi-yapay-zeka

Sakarya Üniversitesi. (2025). *Üretken Yapay Zekâ Kullanım İlkeleri Rehberi*. https://ortadogu.sakarya.edu.tr/sites/ortadogu.sakarya.edu.tr/file/SAKARYA_UNIVERSITESI_URETKEN_YAPAY_ZEKA_KULLANIM_ILKELERI_REHBERI.pdf

© 2026 ISARC Academy

TÜRKİYE'DE YAPAY ZEKÂ POLİTİKALARININ EĞİTİM ALANINDAKI UYUMU

Öğr. Gör. Fatma TOPUZ ERYÜRÜK

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Afyonkarahisar

ORCID ID: 0000-0003-2133-2840

Öğr. Gör. Dr. Hasan ERYÜRÜK

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Afyonkarahisar

ORCID ID: 0000-0002-2080-1169

ÖZET

Türkiye'de yapay zekâ politikalarının eğitim alanındaki yönelimlerini belirleyen güncel iki belge bulunmaktadır: Eğitimde Yapay Zekâ Politika Belgesi ve Eylem Planı ile Türkiye Yapay Zekâ Eylem Planı. Birincisi Milli Eğitim Bakanlığı tarafından 17 Haziran 2025 tarihinde uygulamaya konulmuştur. İkincisi ise 13 Haziran 2026 tarihinde kamuoyuna açıklanmıştır. Uygulanmasına ilişkin Cumhurbaşkanlığı Genelgesi 18 Ağustos 2026 tarihinde yayımlanmıştır. Bu çalışmada incelenen belgeler, aralarındaki uyum ve öğretmenlerin yapay zekâ yetkinliklerinin geliştirilmesi odağında incelenmiştir. Araştırmanın temel amacı, ulusal hedeflerin eğitim sektöründeki araçlara, kurumsal sorumluluklara ve öğretmenlerin mesleki gelişimine yansıma düzeyini belirlemektir. Araştımada dökümanlar nitel olarak analiz edilmiştir. Analiz kapsamında belgelerde amaçlar, politika araçları, hedef kitle, sorumlu kurumlar, zamanlama ve izleme mekanizmaları karşılaştırılmıştır. Öğretmenlere yönelik düzenlemeler değerlendirilmiştir. Araştırmanın bulguları üç hususta dikkat çekmektedir. İlki yapay zeka okur yazarlığı amacının belgelerde örtüştüğüdür. İkincisi, Türkiye Yapay Zekâ Eylem Planında 16 eylem içinde yalnızca bir eylemde Milli Eğitim Bakanlığının iş birliği yapılacak kurum olarak bahsedilmiş olmasına karşılık Eğitimde Yapay Zekâ Politika Belgesi ve Eylem Planında 40 eylem adımının üçünde öğretmenler açıkça hedeflenmektedir. Son olarak ulusal plan nicel hedefler, uygulama takvimi ve kamuya açık ilerleme raporlaması öngörmektedir. Ancak Milli Eğitim Bakanlığı belgesi nicel başarı hedeflerine ve performans göstergelerine yer vermemektedir. Çalışma nihayetinde amaç düzeyindeki ortaklığın öğretmen yetkinlikleri, uygulama takvimleri ve izleme düzenekleri bakımından daha açık şekilde ve bağlantılarla desteklenmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu doğrultuda Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan belgenin yeni ulusal hedeflerle eşgüdüm içinde değerlendirilmesi ve gözden geçirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca öğretmenlere yönelik mesleki gelişim hedeflerinin ölçülebilir düzeyde belirlenmesi ve ortak raporlama ölçütlerinin geliştirilmesi önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: yapay zekâ politikası, politika uyumu, eğitim politikası, öğretmen yetkinlikleri.

THE CONCORDANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE POLICIES IN THE FIELD OF EDUCATION IN TURKIYE

ABSTRACT

There are two current documents that define the direction of artificial intelligence policies in the field of education in Turkey: The Artificial Intelligence in Education Policy Document and Action Plan, and the Turkey Artificial Intelligence Action Plan. The first was implemented by the Ministry of National Education on June 17, 2025. The second was announced to the public on June 13, 2026. The Presidential Circular regarding its implementation was published on August 18, 2026. The documents examined in this study were analyzed with a focus on the consistency among them and on developing teachers'

© 2026 ISARC Academy

artificial intelligence competencies. The primary objective of the research is to determine the extent to which national goals are reflected in the tools, institutional responsibilities, and professional development of teachers within the education sector. The documents were analyzed qualitatively in the study. As part of the analysis, the documents were compared in terms of objectives, policy tools, target audience, responsible institutions, timelines, and monitoring mechanisms. Provisions targeting teachers were evaluated. The study's findings highlight three key points. First, the objective of AI literacy is consistent across the documents. Second, while the Turkey Artificial Intelligence Action Plan mentions the Ministry of National Education as a collaborating institution in only one of its 16 actions, the Artificial Intelligence in Education Policy Document and Action Plan explicitly targets teachers in three of its 40 action steps. Finally, the national plan outlines quantitative targets, an implementation timeline, and publicly available progress reports. However, the Ministry of National Education's document does not include quantitative success targets or performance indicators. Ultimately, the study indicates that this partnership at the objective level needs to be supported more clearly—and with explicit links—in terms of teacher competencies, implementation timelines, and monitoring mechanisms. Accordingly, it is considered necessary for the document prepared by the Ministry of National Education to be evaluated and revised in alignment with the new national goals. Furthermore, it is recommended that professional development goals for teachers be defined at a measurable level and that common reporting criteria be developed.

Keywords: artificial intelligence policy, policy coordination, education policy, teacher competence.

1. GİRİŞ

Yapay Zekâ teknolojilerinin hızla yaygınlaşan kullanımı kamudan eğitime tüm sektörleri dönüştürmektedir. Bu dönüşüm teknolojik özerklik, ulusal rekabet gücü ve nitelikli insan kaynağı gelişimini doğrudan etkilemektedir. Eğitim sektörü bu anlamda hem nitelikli insan kaynağı yetiştirilmesi hemde öğrenme öğretme süreçlerinin dönüştürülmesi bağlamında ele alınmaktadır.

Türkiye bu dönüşüme yön vermek adına "Türkiye Yapay Zekâ Eylem Planı (2026-2030)" vizyonunu duyurmuştur. Teknoloji ve Sanayi Bakanlığı koordinasyonunda hazırlanan eylem planı 18 Ağustos 2026 tarihinde yürürlüğe girmiştir (Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı, 2026; Cumhurbaşkanlığı, 2026). Ulusal eylem planı makro ölçekte geniş bir yelpazeye sahiptir. *"Fark Et, İstifade Et, Üret ve Yönet"* olarak kurgulanan 4 temel stratejik eksen ve 16 eylem içermektedir.

Milli Eğitim Bakanlığı'nın "Eğitimde Yapay Zekâ Politika Belgesi ve Eylem Planı (2025–2029)" belgesini 17 Haziran 2025'te uygulamaya koyduğu görülmektedir (MEB, 2025a, 2025b). Millî Eğitim Bakanlığı'nın belgesi sektörel bazda kendi yol haritası niteliğindedir. Belge hazırlandığı dönemde yürürlükte olan 2021–2025 Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi ve 2024-2025 Eylem Planını dayanak almaktadır (MEB, 2025a). Burada asıl incelenmesi gereken durum 2029 yılına kadar geçerli olan sektörel belgenin 2026-2030 makro ulusal hedefleriyle ne ölçüde ve nasıl ilişkilendirildiğidir.

Bu çalışma, ulusal politika ile sektörel eğitim politikasının uyumunu öğretmenlerin yapay zekâ yetkinlikleri odağında ele almaktadır. Bu bağlamda aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır.

1) Belgeler eğitim alanındaki amaçları kapsamında örtüşmekte midir?
2) Eğitim temelinde eylemler hedef kitle ve kurumsal sorumluluklar açısından nasıl ilişkilendirilmiştir?
3) Öğretmenlerin yapay zekâ okuryazarlığı ve mesleki yetkinlikleri nasıl desteklenmektedir?
4) Belgelerin uygulama takvimleri, aşamalandırma süreçleri ve izleme mekanizmaları bağlantılandırılmış mıdır?

© 2026 ISARC Academy

2. YÖNTEM

Bu çalışmada, nitel döküman analizi gerçekleştirilmiştir (Bowen, 2009). Araştırmada Millî Eğitim Bakanlığı'nın 2025–2029 politika belgesi ile Türkiye'nin 2026–2030 ulusal eylem planı olmak üzere iki belge incelenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Belgelerin Özellikleri

Özellik	Milli Eğitim Bakanlığı Belgesi	Ulusal Plan
Dönem	2025 - 2029	2026 - 2030
Yayımlayan	MEB ve EĞİTEK	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Ve Milli Teknoloji ve Yapay Zeka Genel Müdürlüğü
Tarih	17 Haziran 2025	18 Ağustos 2026
Hacim	56 sayfa (pdf)	44 sayfa (pdf)
Yapı	4 hedef, 15 politika, 40 eylem	4 eksen, 16 eylem

Verilerin çözümlenmesi aşamasında Milli Eğitim Bakanlığı belgesindeki eylem adımı, ulusal belgede ise numaralandırılmış eylem dikkate alınmıştır. Her birimde amaçlar, politika araçları, hedef kitle, sorumlu kurumlar, zamanlama ve izleme mekanizmaları değerlendirilmiştir. Eşleştirmelerde güçlü uyum, kısmi uyum, açık bağlantı eksikliği ve olası zamanlama uyuşmazlıkları ayrımı yapılmıştır.

Güçlü uyum için ortak amaç, açık araç ve sorumluluk bağlantısı dikkate alınmıştır. Kısmi uyum için ortak yönelim, ayrıntılanmamış bağlantılar ölçüt alınmıştır. Hedef kitlesi aynı veya bağımlı uygulamlarda gerekçelendirilemeyen takvim farkları olası eşgüdüm sorunu olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada öğretmen gelişimiyle ilgili araçlardan biri olan uyarlanabilir ve kişiselleştirilmiş öğrenme sistemleri incelenmiştir. Hedef grubun açıkça öğretmen olarak adlandırılma ölçütü kullanılmıştır. Eğitici eğitimleri öğretmenleri kapsama olasılığı nedeniyle ayrı değerlendirilmiştir. Anlam çözümlemesini desteklemek için ek olarak sözcük taraması yapılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Amaçlar ve politika belgeleri arasındaki atıflar

İki belgenin incelenmesi sonucu yapay zekâ okuryazarlığının geliştirilmesi amacında örtüştüğü görülmektedir. Ulusal plan okuryazarlığı ilkokuldan lisansüstüne olan eğitim süreçleriyle ilişkilendirmektedir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2026, s. 4). Milli Eğitim Bakanlığı belgesi öğretmenlerin, öğrencilerin ve eğitim yöneticilerinin bilinçli ve etkin kullanımını amaçlamaktadır (MEB, 2025a, s. 35–36). Milli Eğitim Bakanlığı belgesi eğitimi öğretim programları, pedagojik uygulamalar, yönetim ve altyapıyla ilişkilendirilirken, ulusal planda yetenek gelişimi öncelenmektedir. Güncel ulusal plan incelendiğinde Milli Eğitim Bakanlığı belgesine açık atıf bulunmadığı görülmektedir. Ancak önceki planda 71 eylemden 22'siyle MEB'in ilişkilendirildiği, 12 eylemde sorumlu ve 10 eylemde ilgili kurum olarak yer aldığı belirtilmektedir (MEB, 2025a, s. 16).

3.2. Politika araçları ve kurumsal eşgüdüm

Belgeler incelendiğinde ulusal planda Milli Eğitim Bakanlığı'nın yalnızca Eylem 1'de işbirliği yapılacak kurum olarak açıkça bellirtildiği görülmektedir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2026, s. 13). Milli Eğitim Bakanlığı güncel planda ana sorumlu kurum olarak listelenmemektedir. Bu durum önceki planda bulunan sorumluluk dağılımına göre farklılık göstermektedir. Ancak iki plan kapsam, eylem sayısı ve sorumluluk kategorileri açısından aynı olmadığı için bakanlığın yetkisinin veya faaliyetlerinin azaldığını kanıtlamamaktadır.

© 2026 ISARC Academy

EBA'nın okuryazarlık programında kullanılacak kanallardan biri olması iki belge arasında araç düzeyinde bağlantı sağlamaktadır. FEYZA (Fırsatları Artıran Eğitimde Yapay Zekâ) kapsamında öğretmen eğitimleri, veri paylaşımı, etik rehberlik, kamuda yapay zekâ uygulamları da eşleştirilebilecek alanlardır (Tablo 2).

Tablo 2. Belgelerin eğitm alanındaki başlıca uyum ilişkisi

Karşılaştırma Alanı	**Milli Eğitim Bakanlığı Belgesi**	**Ulusal Plan**	**Değerlendirme**
Okuryazarlık	1.2.1–1.2.6 Okuryazarlık, FEYZA ve yaygın eğitim	Eylem1 EBA üzerinden sunum ve mikro-sertifika	Kısmi uyum Ortak amaç ve kanal var; program bağlantısı ayrıntısız.
Eğitici eğitimi	1.2.3 FEYZA eğitici eğitimi 3–5 yıl	İlk 6 ayda en az 1.000 eğitici	Olası zamanlama gerilimi Programların ortak hedef grubu tanımlı değil.
Öğretmen gelişimi	1.3.1ve2.2.6 Hizmet içi eğitim ve UKÖS eğitimi	Eylem 2 Üniversite dersleri ve eğiticinin eğitimi	Açık bağlantı eksikliği Öğretmenlere özgü ulusal gelişim hattı belirtilmiyor.
Öğretim programları	2.1.1–2.1.4 Öğretim programlarının güncellenmesi	İlkokuldan lisansüstüne okuryazarlık vizyonu	Kısmi uyum Vizyon ortak; okul düzeyindeki uygulama eşleştirmesi ayrıntısız.
Etik rehberlik	1.1.1 MEB Etik Kurulu	Ulusal Yapay Zekâ Etik Kurulu	Kısmi uyum Kurullararası görev ilişkisi belirsiz.
Veri paylaşımı	3.2.1 ve 4.2.4 Veri ambarı ve anonim veri paylaşımı	Eylem 3 Ulusal Veri Kütüphanesi	Kısmi uyum Ortak yönelim var. Veri ve sorumluluk eşleştirmesi eksik.
Kamu uygulamaları	2.2.4 ve 4.1.2 Öğretmen asistanı	Eylem 7 Pilotlama ve ölçekleme	Kısmi uyum
İzleme	Periyodik raporlama ve YEĞİTEK sorumluluğu	Kamuya açık ilerleme raporları	Açık bağlantı ve ortak gösterge yok.

3.3. Öğretmen yetkinliklerinin eyleme yansıması

Ulusal planda ilkokuldan lisansüstüne eğitim vizyonu açıkça yer almaktadır. Ancak "öğretmen" sözcüğüne rastlanmamıştır. Öğrenciler, kamu personeli, sektör profesyonelleri geniş hedef kitleler olarak sayılmaktadır (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2026, s. 4, 12). Öğretmenlerin kamu personeli veya eğitici gruplarında yer alması mümkündür ancak özel yetkinlikler, katılım hedefleri ve değerlendirme ölçütleri açıkça ayrıştırılmamıştır.

Milli Eğitim Bakanlığı belgesinde öğretmenleri açıkça hedefleyen eylem adımları bulunmaktadır. Hizmet içi eğitimlerin planlanması (1.3.1), öğretimi destekleyen yapay zekâ asistanı geliştirilmesi (2.2.4) ve uyarlanabilir öğrenme sistemlerine yönelik eğitim ile pilot uygulamalar (2.2.6) adımlarında açıkça öğretmenler belirtilirken; FEYZA kapsamındaki eğitici eğitimleri (1.2.3) ise öğretmenleri açıkça adlandırmadığı için ayrı kategoride değerlendirilmiştir (Tablo 3).

© 2026 ISARC Academy

Tablo 3. Öğretmen ve eğitici gelişimiyle ilgili eylem adımları

Adım	İçerik	Hedefleme	Vade
1.3.1	Pedagojik süreçler için hizmet içi eğitim planlaması	Öğretmenler açıkça belirtiliyor	0-1 yıl
2.2.4	Öğretimi destekleyen yapay zekâ asistanı geliştirilmesi	Öğretmenler açıkça belirtiliyor	1-3 yıl
2.2.6	UKÖS kullanım eğitimleri ve pilot uygulamalar	Öğretmenler ve eğitim yöneticileri açıkça belirtiliyor	3-5 yıl
1.2.3	FAYZA kapsamında eğitici eğitimlerinin tamamlanması	Eğiticiler belirtiliyor Öğretmenler ayrıştırılmıyor	3-5 yıl

3.4. Uygulama takvimlerinin ilişkilendirilmesi

Millî Eğitim Bakanlığı belgesinde 40 eylem adımı bulunmaktadır. Bunlardan 17'sinin kısa (0-1 yıl), 10'unun orta (1-3 yıl) ve 13'ünün uzun (3-5 yıl) vadede gerçekleştirilmesi öngörülmektedir (MEB, 2025a, s. 38). 17 haziran 2025 te uygulamaya konulan belgenin kısa vadeli adımlarının 1 yıllık dönemi güncel ulusal plan yayımlanmadan önce tamamlanmaktadır.

Ulusal planın ilk 6 aylık hedefi en az 1.000 eğitici yetiştirilmesi ve 24 ayda 5 milyon kişinin okuryazarlık programını tamamlaması yönündedir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2026, s. 12). Milli Eğitim Bakanlığı belgesinde FEYZA eğitici eğitimlerinin 3-5 yıl vadeli planlanmasından kaynaklanan fark eşgüdüm gerektiren olası bir zamanlama gerilimi olarak yorumlanabilir. Bununla birlikte belgelerin 2029 ve 2030 yıllarında sona eriyor olmaları ulusal planın son yılına yönelik sektörel bazda devamlılık düzenlemesini gerekli kılabilir.

3.5. İzleme ve hesap verebilirlik

Ulusal Yapay Zekâ ve Program Ofisi, ulusal plan uygulama takibini gerçekleştimeyi öngörmektedir. Bununla birlikte kamuya açık ilerleme ve şeffaflık portal aracılığıyla raporlama da gerçekleştirilecektir. Raporlama birimi her eylem için başlangıç değeri, yıllık hedef, veri kaynağı, ölçüm periyodlarını tanımlayacaktır. İlk raporlamanın yayımdan itibaren 12 aylık süre içinde yapılması öngörülmektedir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2026).

Diğer taraftan Milli Eğitim Bakanlığı belgesi de izleme mekanizması tanımlamaktadır. Süreçten YİĞİTEK sorumluluğunda, periyodik raporlama, raporların merkezi ve yerel düzeyde değerlendirilmesi öngörülmektedir (MEB, 2025a, s. 47). İki belgede de izleme mekanizması varlığı gözlenmektedir. Ancak fark ölçülebilirlik ve raporlama ayrıntısındadır. Sektörel raporların ulusal izleme düzenine hangi göstergeler ve veri aktarım süreçleriyle bağlanacağı açıkça belirtilmemektedir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada ulusal ve sektörel iki belge analiz edilmiştir. Aralarındaki uyum izlenerek eğitim bağlamında değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular çerçevesinde yapay zekâ okuryazarlığı bakımından ortak bir yönelim taşıdıkları sonucuna ulaşılmıştır. Öğretmen yetkinlikleri, uygulama takvimleri ve raporlama düzenleri arasındaki bağlantılar aynı açıklıkla tanımlanmamaktadır.

İki belgenin amacı ortaktır. Ancak bu amacın uygulama düzeyinde ayrıntılanmaya ihtiyacı bulunduğu görülmektedir. Amaç düzeyindeki ortaklık, araç ve uygulama düzeyindeki uyumu güvence altına almamaktadır (Nilsson vd., 2012).

Howlett ve Rayner (2007), politika araçları geliştirilmesinde önceki kurumsal tercihlerin yeni düzenlemeleri etkilediğini belirtirken; May ve arkadaşları (2006) politika alanlarındaki uyumun kurumsal örgütlenmeyle ilişkisini ele almaktadır. Bu çerçevede bakıldığında Milli Eğitim Bakanlığı belgesinin yeni ulusal hedeflerle gözden geçirilerek güncellenebileceği önerisi sunulabilir.

© 2026 ISARC Academy

UNESCO'nun Öğretmenler İçin Yapay Zekâ Yetkinlik Çerçevesi öğretmen yetkinlikleri bakımından referans olabilir. Bu çerçeve insan merkezli anlayış, yapay zekâ etiği, yapay zekâ temelleri ve uygulamaları, yapay zekâ pedagojisi ve mesleki öğrenme için yapay zekâ olmak üzere beş boyutu ele almaktadır. Bu boyutlar edinme, derinleştirme ve yaratma düzeylerinde işlenmektedir (Miao ve Cukurova, 2024). Bu bağlamda ulusal planda öğretmenlerin rolü ayrıca tanımlanabilir. İlerleme düzeyleri, uygulamalı görevler ve mikro-sertifika ölçütleri belirlenebilir.

KAYNAKLAR

Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. Qualitative Research Journal, 9(2), 27–40. https://doi.org/10.3316/QRJ0902027

Cumhurbaşkanlığı. (2026, 18 Ağustos). Türkiye Yapay Zekâ Eylem Planı (2026–2030) ile ilgili 2026/9 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi. Resmî Gazete (Sayı 33344). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2026/08/20260818-8.pdf

Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı. (2026, 13 Haziran). Cumhurbaşkanı Erdoğan Türkiye Yapay Zekâ Eylem Planı'nı açıkladı. https://www.iletisim.gov.tr/turkce/haberler/detay/cumhurbaskani-erdogan-turkiye-yapay-zeka-eylem-planini-acikladi

Howlett, M., & Rayner, J. (2007). Design principles for policy mixes: Cohesion and coherence in "new governance arrangements". Policy and Society, 26(4), 1–18. https://doi.org/10.1016/S1449-4035(07)70118-2

May, P. J., Sapotichne, J., & Workman, S. (2006). Policy coherence and policy domains. Policy Studies Journal, 34(3), 381–403. https://doi.org/10.1111/j.1541-0072.2006.00178.x

Miao, F., & Cukurova, M. (2024). AI competency framework for teachers. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104

Millî Eğitim Bakanlığı. (2025a). Eğitimde Yapay Zekâ Politika Belgesi ve Eylem Planı (2025–2029). Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü. https://yegitek.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2025_06/17092340_egitimdeyapayzekapolitikabelgesiveeylemplani202520291.pdf

Millî Eğitim Bakanlığı. (2025b, 17 Haziran). Eğitimde Yapay Zekâ Politika Belgesi ve Eylem Planı yürürlüğe girdi. https://www.meb.gov.tr/egitimde-yapay-zeka-politika-belgesi-ve-eylem-plani-yururluge-girdi/haber/37531/tr

Nilsson, M., Zamparutti, T., Petersen, J. E., Nykvist, B., Rudberg, P., & McGuinn, J. (2012). Understanding policy coherence: Analytical framework and examples of sector–environment policy interactions in the EU. Environmental Policy and Governance, 22(6), 395–423. https://doi.org/10.1002/eet.1589

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2026). Türkiye Yapay Zekâ Eylem Planı (2026–2030). Millî Teknoloji ve Yapay Zekâ Genel Müdürlüğü. https://www.sanayi.gov.tr/yapayzekaeylemplani

© 2026 ISARC Academy

FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNDE DOĞRULAMA KAYNAKLI VERİ SIZINTISININ TAHMİN PERFORMANSINA ETKİSİ

Assist. Prof. Dr. Kurban KOTAN

Manisa Celal Bayar University, Faculty of Computer and Information Sciences, Department of Artificial Intelligence and Machine Learning, Manisa, 45140, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-6660-0565

ÖZET

Finansal zaman serilerinde gözlemler kronolojik bağımlılık taşıdığı için model doğrulama düzeni, raporlanan tahmin başarısını doğrudan etkileyebilir. Gelecekteki gözlemlerin eğitim sürecinde kullanılmasına izin veren çapraz doğrulama yaklaşımları, gerçek kullanım koşullarında elde edilemeyecek ölçüde iyimser performans tahminleri üretebilir. Bu çalışmanın amacı, klasik K katlı çapraz doğrulama ile zaman sırasını koruyan genişleyen pencere doğrulamasının BIST30 kapanış fiyatı tahminindeki etkisini karşılaştırmaktır. 4 Ocak-31 Aralık 2021 dönemine ait 239 işlem günü kapanış gözlemi kullanılmış; dört gecikmeli değer bağımsız değişken, izleyen kapanış değeri hedef değişken olarak düzenlenmiştir. Doğrusal regresyon, rastgele orman ve destek vektör regresyonu modelleri on katlı iki doğrulama protokolü altında değerlendirilmiş; ölçekleme her katın yalnızca eğitim bölümünde öğrenilerek ön işleme kaynaklı sızıntı engellenmiştir. Ayrıca son 30 işlem günü dokunulmamış dış test kümesi olarak ayrılmış ve doğrulama stratejisinin hiperparametre seçimine etkisi incelenmiştir. Bulgular, K katlı doğrulamanın ortalama mutlak hatayı zamansal doğrulamaya göre doğrusal regresyonda %10,2, rastgele ormanda %30,8 ve destek vektör regresyonunda %40,4 daha düşük tahmin ettiğini göstermiştir. Dış testte iki strateji rastgele orman için aynı yapılandırmayı seçerken, destek vektör regresyonunda farklı hiperparametreler üretmiştir; zamansal doğrulamayla seçilen destek vektör modeli kök ortalama kare hatayı %13,3 azaltmış ve R^2 değerini -0,169'dan 0,120'ye yükseltirken ortalama mutlak hata %4,8 artmıştır. Sonuçlar, finansal tahmin çalışmalarında tek bir başarı ölçütüne ve zaman sırasını bozan doğrulama düzenlerine dayanmanın yanıltıcı olabileceğini; kronolojik dış test, kat-içi ön işleme ve zamansal doğrulamanın birlikte kullanılmasının önerildiğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Finansal zaman serisi, veri sızıntısı, çapraz doğrulama, makine öğrenmesi, BIST30

THE EFFECT OF VALIDATION-INDUCED DATA LEAKAGE ON FORECASTING PERFORMANCE IN FINANCIAL TIME SERIES

ABSTRACT

Because observations in financial time series are chronologically dependent, the validation design can directly affect reported forecasting performance. Cross-validation procedures that allow future observations to enter the training process may yield optimistic estimates that cannot be reproduced under operational forecasting conditions. This study compares conventional K-fold cross-validation with an expanding-window validation scheme that preserves temporal order for forecasting BIST30 closing prices. The data comprise 239 trading-day closing observations from 4 January to 31 December 2021. Four lagged closing values were used as predictors and the subsequent closing value as the response. Linear regression, random forest, and support vector regression were evaluated under two ten-fold validation protocols. Scaling parameters were learned exclusively from the training portion of each fold to prevent preprocessing leakage. In addition, the final 30 trading days were retained as an untouched external test set to examine how the validation strategy affects hyperparameter selection. The results show that K-fold validation estimated mean absolute error to be 10.2% lower for linear regression, 30.8% lower for random forest, and 40.4% lower for support vector regression than temporally ordered validation. On the external test set, both strategies selected the same random-forest configuration but

© 2026 ISARC Academy

different support-vector configurations. The support vector model selected through temporal validation reduced root mean squared error by 13.3% and improved R-squared from -0.169 to 0.120 relative to the K-fold-selected model, while mean absolute error increased by 4.8%. These findings demonstrate that relying on a single performance metric and a validation design that violates temporal order can lead to misleading conclusions in financial forecasting. A chronological external test set, fold-local preprocessing, and time-aware validation should be used together to obtain reproducible and operationally realistic estimates.

Keywords: Financial time series, data leakage, cross-validation, machine learning, BIST30

1. INTRODUCTION

Machine-learning-based financial forecasting aims to infer future price or return movements from past market observations. In this problem the evaluation protocol matters as much as model complexity. A model may produce low error on historical data, yet if it has seen information that would not have been available at the moment of prediction, the reported performance is not genuine generalization performance. Data leakage can be understood as the transfer of information about the target, the external test period, or the future distribution into the training, preprocessing, or model-selection process (Kaufman et al., 2012; Hewamalage et al., 2023). Leakage has also been shown to systematically undermine reproducibility in machine-learning research (Kapoor & Narayanan, 2023). In financial series, serial dependence and distribution shift amplify this risk.

Standard K-fold cross-validation is widely used for observations that are independent and identically distributed. In a time series, however, the training set of a fold may contain observations dated after the period being evaluated. The model then learns from future price regimes while predicting the past. In an expanding-window approach that preserves temporal order, each test block is predicted using only observations that precede it. The scikit-learn documentation likewise states explicitly that other cross-validation methods may result in training on future data and evaluating on past data (Scikit-learn Developers, 2026).

In the doctoral thesis of Kotan (2025), the BIST30 closing series was organized into four-day sliding windows, and time series, machine learning, and neural network models were compared for the pre-crisis and crisis periods. On the missing-data preprocessing dimension, the CHIT approach was shown to provide a cyclical and iterative imputation framework for missing values across different data sets (Kotan & Kırışoğlu, 2025a). Extracting crisis signals from economic news and relating these signals to inflation has been addressed along the same research line (Kotan & Kırışoğlu, 2025b; Kotan et al., 2025). The effect of validation design on performance estimation, however, has not been tested as an independent research question.

The aim of this study is to measure how classical KFold and the temporally ordered TimeSeriesSplit approach change performance estimation and hyperparameter selection in BIST30 forecasting. The contributions can be summarized in three points: (i) a direct comparison of two validation schemes under identical data, features, and models; (ii) the construction of a leakage-controlled pipeline in which scaling is relearned within every training fold; and (iii) the testing of validation outcomes on a common external test set consisting of the last 30 trading days.

2. LITERATURE REVIEW

The suitability of cross-validation for time series depends on the stationarity of the data, the structure of the model, and the forecasting scenario. Bergmeir and Benítez (2012) stated that cross-validation can be used in certain time series forecasting tasks provided that dependence conditions are handled carefully. Bergmeir et al. (2018) further examined this validity for autoregressive models under stationarity and uncorrelated-error conditions. By contrast, Tashman (2000) emphasized the importance of rolling forecast origins and multiple test periods in out-of-sample evaluations that imitate the real forecasting

© 2026 ISARC Academy

environment. Therefore, rather than an absolute assumption that KFold is always erroneous, the information set available at the moment of prediction must be defined explicitly.

Cerqueira et al. (2020) compared different performance-estimation methods on 62 real and three synthetic time series and found that, under non-stationary real-world conditions, out-of-sample methods that preserve temporal order yield more accurate performance estimates. Along the same research line, it has been shown that model selection cannot be reduced to the average validation score alone and that shifts in data regimes may affect model rankings (Cerqueira et al., 2021). Financial markets are an application domain in which such regime shifts are pronounced because of trends, volatility clustering, and crisis periods.

Data leakage does not arise solely from incorrectly constructed folds. If normalization, smoothing, decomposition, imputation, and feature selection are applied to the entire series before splitting, summary information belonging to the test period can be carried into the training process. Hewamalage et al. (2023) specifically highlighted normalization and transformation over the whole series among common errors in forecast evaluation. In addition, basing hyperparameter selection and error estimation on the same validation results can produce optimistic bias; all model-selection steps must be repeated inside the validation loop (Varma & Simon, 2006). In this study, preprocessing leakage was controlled by fitting the scaler inside the same pipeline as the model and learning it only from the training portion of each fold.

A related consideration arises in missing-data research, where the placement of the imputation step within the pipeline depends on the research objective. Kotan and Kırışoğlu (2026) compared CHIT with MICE and random-forest-based iterative imputation under MCAR, MAR, and MNAR mechanisms on three health data sets and reported a consistent advantage for CHIT across mechanisms. Because the aim of that study was to characterize reconstruction behavior under controlled missingness rather than to produce operational forecasting estimates, imputation was applied over the complete data set, a scope the authors state explicitly. In a forecasting pipeline, by contrast, every preprocessing step that learns parameters from the data must be confined to the training portion of each fold. This distinction illustrates that leakage control is a property of the experimental pipeline as a whole rather than of the validation splitter alone, and it motivates the fold-local preprocessing design adopted in the present study.

In the financial forecasting literature, SVM/SVR and tree-based methods are common comparison tools. Kim (2003) examined the applicability of SVM in financial time series forecasting, and Henrique et al. (2018) examined the performance of SVR in daily and intraday price prediction. Random forests and other tree ensembles have been evaluated together with technical indicators for price-direction prediction (Patel et al., 2015; Basak et al., 2019). While these studies support the use of these model classes in the financial context, the focus of the present research is not to propose a new forecasting algorithm but to show how the same algorithms are evaluated under different validation schemes.

3. METHOD

3.1. Data Set and Supervised Learning Transformation

The experiments use unadjusted daily closing values of the BIST30 index (symbol XU030.IS) between 4 January and 31 December 2021, retrieved from Yahoo Finance through yfinance 1.6.0 on 22 August 2026. The Colab experiment was executed with Python 3.13.15, NumPy 2.1.3, pandas 2.2.3, scikit-learn 1.6.1, and SciPy 1.16.3. The SHA-256 digest of the stored CSV file is C9976AA82F03B17EC247940E1C747A9925AD16987F524E447B3A79BE2AA798E3. After removing missing and duplicated observations, 239 trading days remained. Days on which the market was closed were not generated as new observations, so that this research focuses solely on validation-induced leakage. A sliding window was applied such that the first four closing values form the features and the subsequent closing value the target, producing 235 supervised samples. The last 30 target observations constitute the external test period of 22 November to 31 December 2021.

© 2026 ISARC Academy

Table 1. Experimental data set and basic configuration.

Item	Value
Index	BIST30 (XU030.IS)
Period	04.01.2021-31.12.2021
Trading days	239
Supervised samples	235
Number of lags	4
External test	Last 30 trading days

3.2. Models and Preprocessing

Linear regression (LR), random forest regression (RF), and support vector regression (SVR) with a radial basis function kernel were selected for comparison. LR serves as a linear baseline, RF as a non-linear tree ensemble, and SVR as a kernel-based model that is sensitive to scaling and hyperparameter selection. In each validation fold, MinMaxScaler was fitted only to the training observations; validation and test observations were transformed with the parameters learned from training. This operation was carried out inside a Pipeline structure.

3.3. Validation Protocols

In the first protocol, 10-fold KFold was used without shuffling. Although the folds consist of contiguous blocks, nine blocks are used for training in each round, so dates following the test block may enter the training set. In the second protocol, TimeSeriesSplit with 10 splits was applied. In this method the training set forms an expanding window, and each test block is predicted using only earlier observations. The same observation matrix, model classes, and number of folds were used in both protocols.

In addition to average validation results, the last 30 trading days were reserved for external testing. On the remaining development set, the following grids were searched: for RF, maximum depth {3, 5, 8, unlimited} and minimum samples per leaf {1, 3, 5}; for SVR, C {1, 10, 100, 500}, gamma {scale, 0.01, 0.1}, and epsilon {0.1, 1.0}. The configuration with the lowest mean RMSE selected by each validation protocol was retrained on the full development set and evaluated on the same external test set. For RF, which involves randomness, random_state=42 was used.

3.4. Performance Metrics

Model performance was measured with MAE, RMSE, MAPE, R^2, and directional accuracy. Because error metrics are known to behave differently with respect to scale, near-zero values, and outlying errors, no single metric was relied upon (Hyndman & Koehler, 2006). MAE indicates the typical error magnitude, RMSE the sensitivity to large errors, MAPE the scale-independent relative error, and R^2 the proportion of variance explained in the target variable. Directional accuracy is the proportion of correctly predicted upward or downward signs relative to the previous actual close. The KFold optimism ratio was computed as (MAE_temporal - MAE_KFold) / MAE_temporal × 100. Although methods exist for the statistical comparison of forecast accuracy (Diebold & Mariano, 1995), fold-level significance testing was not performed because the fold test periods of the two protocols do not coincide.

4. FINDINGS

4.1. Cross-Validation Results

Table 2 presents the averages over ten folds. KFold produced lower MAE and RMSE for all models. The MAE difference remained limited for LR but became pronounced for RF and SVR. The fact that KFold estimated MAE to be 10.2% lower for LR, 30.8% lower for RF, and 40.4% lower for SVR than

© 2026 ISARC Academy

temporal validation indicates that, as model complexity increases, learning from future regimes can affect performance estimation to a greater extent.

Table 2. Average performance by validation protocol.

Model	Validation	MAE	RMSE	MAPE (%)	R^2	Direction (%)
LR	KFold	20.21	27.11	1.18	0.329	53.02
LR	Temporal	22.50	28.93	1.33	0.585	49.50
RF	KFold	45.03	55.46	2.41	-0.327	46.32
RF	Temporal	65.09	76.06	3.65	-1.115	46.00
SVR	KFold	59.11	68.00	3.01	-1.212	44.41
SVR	Temporal	99.19	109.60	5.30	-2.691	41.00

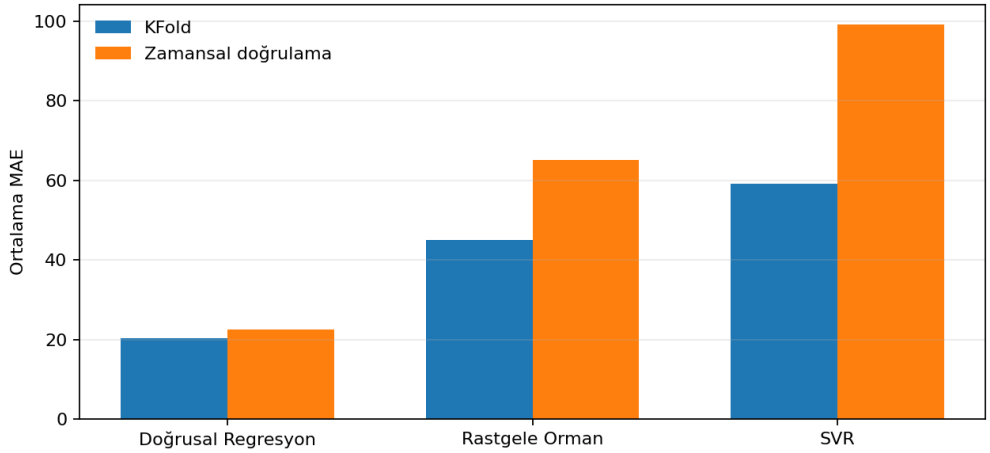


Figure 1. Average MAE values under KFold and temporal validation.

The standard deviations across folds are high, particularly for RF and SVR. This finding shows that the price level and volatility regime changed during 2021 and that a single average score does not fully reflect model stability. Although LR produced a higher average R^2 under temporal validation, its directional accuracy remained below 50%. Predicting the price level closely is therefore not the same success criterion as correctly classifying the direction of daily movement.

4.2. Common External Test Results

The validation protocols selected the same hyperparameters for RF (max_depth=3, min_samples_leaf=3); the external test predictions are therefore identical. The test MAE of RF was 242.94 and its RMSE 287.77. This result shows that the change in price level in the final part of the year was challenging for the tree-based model and that a distribution shift exists independently of the validation scheme.

For SVR, KFold selected C=500, gamma=0.1, and epsilon=0.1, whereas temporal validation selected C=500, gamma=0.01, and epsilon=0.1. The KFold selection produced a lower MAE on the external test, while the temporal selection achieved a lower RMSE and a positive R^2. The RMSE of the temporal selection fell from 166.77 to 144.67 (an improvement of 13.3%), and R^2 rose from -0.169 to 0.120. By contrast, MAE increased from 118.99 to 124.69 (a deterioration of 4.8%). This contrast shows that the validation protocol changes not only the overall level of success but also the error distribution of the selected model. A Wilcoxon signed-rank test applied to the absolute errors for SVR showed that this difference is not statistically significant with n=30 observations (W=162, p=0.152); no paired test was applied for RF because the two protocols produced identical predictions. Because of the small sample,

© 2026 ISARC Academy

the power of the test is limited; the finding should therefore be interpreted not as evidence that the validation strategy is ineffective, but as an indication that a definitive distinction cannot be drawn at the present sample size.

Table 3. Common external test results over the last 30 trading days.

Model	Selection	MAE	RMSE	MAPE (%)	R^2	Direction (%)
RF	KFold	242.94	287.77	11.11	-2.480	31.03
RF	Temporal	242.94	287.77	11.11	-2.480	31.03
SVR	KFold	118.99	166.77	5.32	-0.169	37.93
SVR	Temporal	124.69	144.67	5.77	0.120	31.03

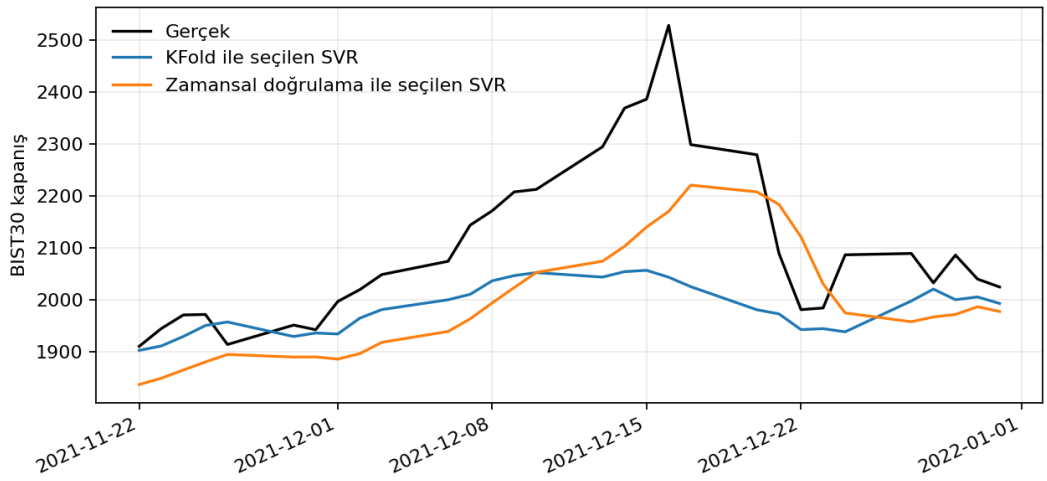


Figure 2. Common external test predictions of the SVR validation strategies.

5. DISCUSSION AND CONCLUSION

This study has shown that, in BIST30 closing-price forecasting, the evaluation protocol changes the results substantially depending on the model type. KFold systematically estimated lower average validation errors. In particular, MAE differences exceeding 30% for RF and SVR suggest that the presence of observations dated after the test period in the training set allows the model to adapt to the future price regime. This interpretation is consistent with the literature indicating that out-of-sample methods preserving temporal order are more reliable for non-stationary series (Cerqueira et al., 2020; Hewamalage et al., 2023).

Nevertheless, a higher temporal validation error does not by itself mean that the temporal method is worse. The purpose of validation is not to produce the lowest possible in-sample error but to estimate realistically the error that will be encountered in the future. The results obtained for SVR on the common external test illustrate this distinction: KFold selected a structure with lower MAE, whereas temporal validation selected one that better bounds large errors and yields a positive R^2. In financial practice the choice should be made according to the cost of error. In a scenario in which large deviations are more costly from a risk-management perspective, the model selected by temporal validation may be more appropriate.

The study has four main limitations. First, the analysis is limited to a single index and a single one-year period. Second, price-level forecasting is affected by a non-stationary trend; return and direction classification require separate experiments. Third, the lag length was fixed at four days. Fourth, the test periods of the KFold and TimeSeriesSplit folds are not exactly identical; for this reason no paired

© 2026 ISARC Academy

significance test was reported for the differences between fold averages, and the common external test was used as the principal verification. Future work may investigate different crisis periods, multiple indices, return series, and financial validation methods that include gaps or embargoes.

In conclusion, in financial time series the validation method is not a neutral detail of model performance but a fundamental component of research design. On this data set, KFold produced markedly optimistic error estimates relative to temporal validation. For a reliable experimental design it is recommended that (i) the most recent period be reserved as an untouched external test set, (ii) scaling and other preprocessing steps be learned only from the training portion of each fold, (iii) model selection be performed with expanding or rolling windows that preserve temporal order, and (iv) MAE, RMSE, R^2, and directional accuracy be reported together. These principles can increase the scientific reproducibility and operational reliability of artificial-intelligence-supported financial decision systems.

ETHICS STATEMENT

The data used in this study are publicly available secondary stock-exchange data obtained from Yahoo Finance (BIST30 index, XU030.IS). Because the study involves no application on human or animal subjects, it does not require ethics committee approval.

FUNDING

This study was conducted with the author's own resources and received no financial support from any institution or organization.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE USE STATEMENT

During the preparation of this study, support was received from an artificial-intelligence-based language model (Claude, Anthropic) in the stages of code review, reference verification, format checking, and language/expression editing. All responsibility for the scientific content, analysis, interpretation, and conclusions of the study belongs to the author.

REFERENCES

Basak, S., Kar, S., Saha, S., Khaidem, L., & Dey, S. R. (2019). Predicting the direction of stock market prices using tree-based classifiers. The North American Journal of Economics and Finance, 47, 552-567. https://doi.org/10.1016/j.najef.2018.06.013

Bergmeir, C., & Benítez, J. M. (2012). On the use of cross-validation for time series predictor evaluation. Information Sciences, 191, 192-213. https://doi.org/10.1016/j.ins.2011.12.028

Bergmeir, C., Hyndman, R. J., & Koo, B. (2018). A note on the validity of cross-validation for evaluating autoregressive time series prediction. Computational Statistics & Data Analysis, 120, 70-83. https://doi.org/10.1016/j.csda.2017.11.003

Cerqueira, V., Torgo, L., & Mozetič, I. (2020). Evaluating time series forecasting models: An empirical study on performance estimation methods. Machine Learning, 109, 1997-2028. https://doi.org/10.1007/s10994-020-05910-7

Cerqueira, V., Torgo, L., & Soares, C. (2021). Model selection for time series forecasting: Empirical analysis of different estimators. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.00584

Diebold, F. X., & Mariano, R. S. (1995). Comparing predictive accuracy. Journal of Business & Economic Statistics, 13(3), 253-263. https://doi.org/10.1080/07350015.1995.10524599

© 2026 ISARC Academy

Henrique, B. M., Sobreiro, V. A., & Kimura, H. (2018). Stock price prediction using support vector regression on daily and up to the minute prices. The Journal of Finance and Data Science, 4(3), 183-201. https://doi.org/10.1016/j.jfds.2018.04.003

Hewamalage, H., Ackermann, K., & Bergmeir, C. (2023). Forecast evaluation for data scientists: Common pitfalls and best practices. Data Mining and Knowledge Discovery, 37, 788-832. https://doi.org/10.1007/s10618-022-00894-5

Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. International Journal of Forecasting, 22(4), 679-688. https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.03.001

Kapoor, S., & Narayanan, A. (2023). Leakage and the reproducibility crisis in machine-learning-based science. Patterns, 4(9), 100804. https://doi.org/10.1016/j.patter.2023.100804

Kaufman, S., Rosset, S., Perlich, C., & Stitelman, O. (2012). Leakage in data mining: Formulation, detection, and avoidance. ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data, 6(4), Article 15, 1-21. https://doi.org/10.1145/2382577.2382579

Kim, K.-J. (2003). Financial time series forecasting using support vector machines. Neurocomputing, 55(1-2), 307-319. https://doi.org/10.1016/S0925-2312(03)00372-2

Kotan, K. (2025). Ekonomik kriz anlarının doğal dil işleme ile tespiti, zaman serisi ve makine öğrenmesi modellerinin tahmin karşılaştırması [Doktora tezi, Düzce Üniversitesi]. Düzce Üniversitesi Açık Erişim Sistemi. https://hdl.handle.net/20.500.12684/20414

Kotan, K., & Kırışoğlu, S. (2025a). Cyclical hybrid imputation technique for missing values in data sets. Scientific Reports, 15(1), 6543. https://doi.org/10.1038/s41598-025-90964-7

Kotan, K., & Kırışoğlu, S. (2025b). Sustainable economic development through crisis detection using AI techniques. Sustainability, 17(4), 1536. https://doi.org/10.3390/su17041536

Kotan, K., & Kırışoğlu, S. (2026). Evaluating the cyclical hybrid imputation technique (CHIT) under MCAR, MAR, and MNAR missing data mechanisms: Evidence from health datasets. PLOS ONE, 21(9), e0359577. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0359577

Kotan, K., Kotan, B., & Kirişoğlu, S. (2025). Detection of economic crises with language models and comparative analysis of simple time series analysis models and machine learning algorithms on the stock market. IEEE Access, 13, 83254-83273. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3567743

Patel, J., Shah, S., Thakkar, P., & Kotecha, K. (2015). Predicting stock and stock price index movement using trend deterministic data preparation and machine learning techniques. Expert Systems with Applications, 42(1), 259-268. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.07.040

Scikit-learn Developers. (2026). TimeSeriesSplit. Scikit-learn 1.9.0 documentation. https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.model_selection.TimeSeriesSplit.html

Tashman, L. J. (2000). Out-of-sample tests of forecasting accuracy: An analysis and review. International Journal of Forecasting, 16(4), 437-450. https://doi.org/10.1016/S0169-2070(00)00065-0

Varma, S., & Simon, R. (2006). Bias in error estimation when using cross-validation for model selection. BMC Bioinformatics, 7, 91. https://doi.org/10.1186/1471-2105-7-91

© 2026 ISARC Academy

ÇOK MODLU BÜYÜK DİL MODELLERİNDE BELİRSİZLİK: TAHMİN, KALİBRASYON VE AKIL YÜRÜTME ÜZERİNE SİSTEMATİK BİR DERLEME

Res. Asst. Neval KARACA ÇAKMAK
Harran University, Department of Computer Engineering, 63050 Haliliye, Şanlıurfa
ORCID: 0009-0007-2846-0120

Assoc. Prof. Dr. Çiğdem İNAN ACI
Mersin University, Department of Computer Engineering, 33343 Yenişehir, Mersin
ORCID: 0000-0002-0028-9890

ÖZET

Çok Modlu Büyük Dil Modelleri (Multimodal Large Language Models, MLLM'ler), görsel ve metinsel bilgileri birleşik bir akıl yürütme süreci içerisinde birlikte işleyerek görsel soru cevaplama, görsel akıl yürütme, görüntü açıklama ve çok modlu bilgi çıkarımı gibi görevlerde yüksek performans sergilemektedir. Ancak, yüksek görev performansı, bu modellerin mutlaka güvenilir ve iyi kalibre edilmiş olduğu anlamına gelmemektedir. Görsel algılama hataları, çok modlu bilgi çelişkileri, eksik bilgiler, halüsinasyonlar ve akıl yürütme hataları nedeniyle MLLM'ler, yüksek güven düzeyleriyle yanlış yanıtlar üretebilmektedir. Bu nedenle, belirsizlik tahmini ve kalibrasyonu, güvenilir MLLM'lerin geliştirilmesinde önemli araştırma problemleri hâline gelmiştir. Bununla birlikte, mevcut çalışmaların önemli bir bölümü belirsizliğin belirli boyutlarına odaklanmakta ve görsel, metinsel, çok modlu birleştirme ve akıl yürütme kaynaklı belirsizlikleri bütüncül bir yaklaşımla ele alma konusunda sınırlı kalmaktadır. Bu durum, MLLM'lerde farklı belirsizlik boyutlarının birlikte ele alınmasına yönelik önemli bir araştırma boşluğuna işaret etmektedir. Bu çalışma, MLLM'lerde belirsizlik tahmini, kalibrasyon ve akıl yürütme arasındaki ilişkiyi sistematik ve karşılaştırmalı bir yaklaşımla incelemektedir. Çalışmalar; belirsizliğin kaynağı, tahmin stratejisi, örnekleme gereksinimi, kalibrasyon stratejisi, akıl yürütme sürecine katılım, veri kümesi, değerlendirme ölçütleri, hesaplama maliyeti ve model erişilebilirliği açısından analiz edilmektedir. Bulgular, mevcut belirsizlik tahmini yaklaşımlarının farklı belirsizlik kaynaklarını değişen düzeylerde yakaladığını göstermektedir. Anlamsal belirsizlik yöntemleri sözcüksel çeşitlilik sorununu azaltırken, görsel bilginin belirsizlik hesaplamasına dâhil edilmesi çok modlu yaklaşımlar açısından önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Bununla birlikte, mevcut yöntemler arasında kalibrasyon, akıl yürütme ve hesaplama maliyeti bakımından belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar, tek bir belirsizlik tahmini yaklaşımının MLLM'lerdeki tüm belirsizlik kaynaklarını yeterli düzeyde temsil edemediğini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Çok Modlu Büyük Dil Modelleri, belirsizlik tahmini, kalibrasyon, çok modlu akıl yürütme

UNCERTAINTY IN MULTIMODAL LARGE LANGUAGE MODELS: A SYSTEMATIC REVIEW OF ESTIMATION, CALIBRATION, AND REASONING

ABSTRACT

Multimodal Large Language Models demonstrate high performance in tasks such as visual question answering, visual reasoning, image captioning, and multimodal information extraction by jointly processing visual and textual information within a unified reasoning process. However, high task performance does not necessarily imply that these models are reliable and well-calibrated. Due to visual perception errors, multimodal information conflicts, missing information, hallucinations, and reasoning errors, MLLMs can produce incorrect answers with high confidence. Consequently, uncertainty

© 2026 ISARC Academy

estimation and calibration have become important research problems in the development of trustworthy MLLMs. Nevertheless, a substantial portion of existing studies focus on specific dimensions of uncertainty and remain limited in holistically addressing visual, textual, multimodal fusion, and reasoning-induced uncertainties. This situation points to a significant research gap regarding the joint treatment of different uncertainty dimensions in MLLMs. This study systematically and comparatively examines the relationship between uncertainty estimation, calibration, and reasoning in MLLMs. The studies are analyzed with respect to uncertainty source, estimation strategy, sampling requirement, calibration strategy, reasoning involvement, dataset, evaluation metrics, computational cost, and model accessibility. The findings demonstrate that existing uncertainty estimation approaches capture different sources of uncertainty to varying degrees. While semantic uncertainty methods mitigate the lexical variation problem, incorporating visual information into uncertainty computation constitutes a significant advantage in multimodal approaches. Nevertheless, notable differences exist among the methods examined in this review regarding calibration, reasoning, and computational cost, suggesting that, within the scope of the reviewed studies, the approaches considered may not adequately represent all sources of uncertainty in MLLMs.

Keywords: Multimodal Large Language Models, uncertainty estimation, calibration, multimodal reasoning

1. INTRODUCTION

Multimodal large language models are models that integrate visual and textual inputs into a unified processing framework and are trained on large-scale paired image–text data (Chen et al., 2024). These models have achieved notable success in tasks such as visual question answering, image captioning, visual reasoning, and cross-modal retrieval (Geigle et al., 2024). This success has brought the widespread adoption of such models in safety-critical domains, including healthcare and autonomous driving (Chen et al., 2024), as well as assistive systems for visually impaired users (Eisenschlos et al., 2024), to the forefront. However, high task performance does not imply that models are reliable and well-calibrated. Modern deep neural networks are known to be generally poorly calibrated (Guo et al., 2017), and this issue is also observed in MLLMs (Chen et al., 2024). MLLMs can generate captions that contain concepts absent from the image; that is, they can hallucinate (Geigle et al., 2024), where hallucination is defined as "plausible yet factually incorrect responses articulated with striking confidence" (Shorinwa et al., 2025). Among the sources of such errors are biased training data, the failure of visual encoders to adequately ground images, modality misalignment, and deficiencies in contextual attention (Liu et al., 2024). Cross-modal conflicts, which are situations in which visual and textual inputs are inherently contradictory, can place models in a dilemma and directly trigger hallucination (Zhang et al., 2025). Furthermore, it has been shown that when visual and textual information are inconsistent, models exhibit a "blind faith" in text even when it contradicts visual evidence (Deng et al., 2025). This indicates that MLLMs are capable of producing incorrect responses with high confidence. Models' ability to "know what they do not know" (knowledge boundary perception) is limited: MLLMs tend to generate answers rather than acknowledge their uncertainty (Chen et al., 2024), and verbalized confidence expressions frequently result in overconfidence (Ding et al., 2025). Uncertainty estimation and calibration have therefore become central research problems in the development of trustworthy MLLMs (Chen et al., 2024). Uncertainty estimation enables the detection of hallucinations by quantifying the model's confidence in its responses (Shorinwa et al., 2025), whereas calibration ensures that model confidence is aligned with actual accuracy (Dong et al., 2025). In this way, models can abstain when necessary or engage in selective prediction (Eisenschlos et al., 2024; Guo et al., 2024). Comprehensive surveys taxonomizing uncertainty quantification methods for LLMs are available (Huang et al., 2024; Liu et al., 2025; Shorinwa et al., 2025). Nevertheless, a substantial portion of existing work focuses on specific dimensions of uncertainty, such as calibration in the context of object hallucination (Neo & Chen, 2024), the calibration of verbalized confidence in VLMs (Xuan et al., 2025), modality conflict (Zhang et al., 2025), or cross-modal conflict resolution (Tian et al., 2026). Studies that holistically address uncertainties arising from visual perception, textual information, multimodal fusion, and reasoning remain scarce. Moreover, the computational cost of

© 2026 ISARC Academy

uncertainty methods based on multiple sampling constitutes a significant constraint on practical applicability (McCabe et al., 2025). This points to an important research gap concerning the joint treatment of distinct uncertainty dimensions in MLLMs.

The aim of this review is to systematically and comparatively analyze the relationship between uncertainty estimation, calibration, and reasoning in MLLMs. The reviewed studies were evaluated across nine dimensions: uncertainty source, estimation strategy, sampling requirement, calibration strategy, reasoning involvement, dataset, evaluation metrics, computational cost, and model accessibility. The contributions of this review are: (i) mapping uncertainty sources and the strategies that capture them; (ii) delineating the differences between calibration and reasoning approaches; (iii) discussing practical trade-offs in terms of computational cost and accessibility; and (iv) concretizing the research gap for holistic uncertainty estimation. The remainder of this review is organized as follows: Section 2 presents the materials and methods, Section 3 presents the findings and evaluation, and Section 4 presents the general discussion and conclusions.

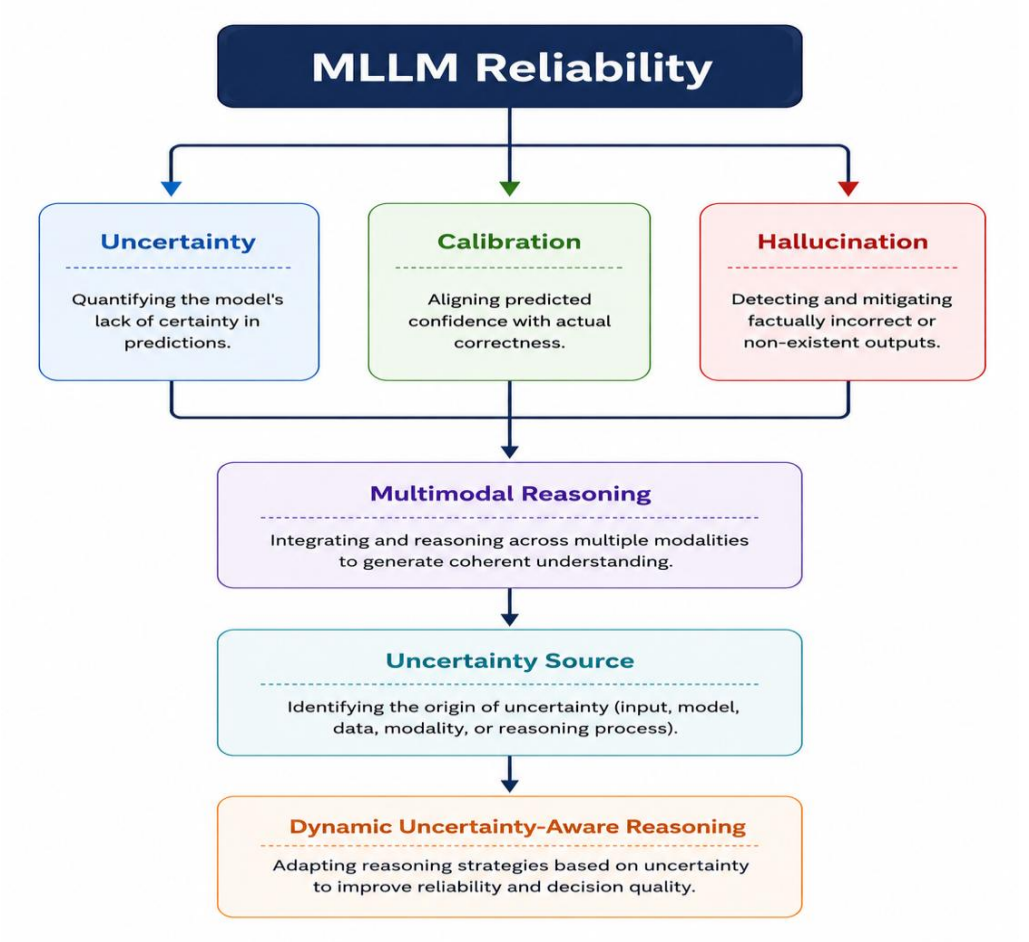


Figure 1. Uncertainty-Aware Reasoning Scheme for MLLM Reliability

Figure 1 illustrates an integrated framework in which uncertainty, calibration, hallucination, multimodal reasoning, and sources of uncertainty are collectively addressed to assess the reliability of Multimodal Large Language Models (MLLMs).

2. MATERIAL AND METHODS

This section details the selection criteria, databases, and search strategy employed for the academic papers analyzed within the scope of the systematic literature review. The methodological process

© 2026 ISARC Academy

conducted through predefined keywords and inclusion/exclusion protocols to ensure the comprehensiveness of the selected studies is described.

2.1. Literature Search and Study Identification

The scope of the review was defined as encompassing (a) empirical studies that propose or compare methods for uncertainty estimation, calibration, hallucination detection, or selective prediction/abstention for generative LLMs or MLLMs, and (b) review studies that classify these areas. The searches were conducted using combinations of the following keywords: "uncertainty estimation", "confidence calibration", "semantic entropy", "hallucination detection", "selective prediction", "abstention", "multimodal large language model", "vision-language model", "chain-of-thought", and "reasoning". The retrieved studies were initially screened at the abstract level, followed by a full-text assessment. Studies focusing exclusively on unimodal and discriminative classifiers, or those that did not include uncertainty or calibration evaluation, were excluded from the scope. The study by Guo et al. was also included due to its role in establishing the modern foundations of the calibration concept (Guo et al., 2017). The reviewed studies can be grouped thematically into four categories. The first group comprises survey studies that classify uncertainty quantification methods for LLMs and MLLMs (Bai et al., 2024; Gawlikowski et al., 2023; H. Huang et al., 2024; L. Huang et al., 2024; H. Liu et al., 2024; X. Liu et al., 2025; Shorinwa et al., 2025), including the general survey of multimodal large language models by Caffagni et al. (2024). The second group includes studies that propose uncertainty and calibration methods, such as semantic entropy (Farquhar et al., 2024), calibration based on sample consistency (Lyu et al., 2025), self-consistency (Wang et al., 2022), verbalized confidence (Xuan et al., 2025; Jang et al., 2025), conformal prediction (Zhang & Wang, 2025), and black-box selective prediction (Khan & Fu, 2024). The third group comprises studies that measure MLLM calibration and investigate the effect of multimodal information on uncertainty (Chen et al., 2024; Ding et al., 2025; Eisenschlos et al., 2024; Kostyumov et al., 2025). The fourth group, in turn, contains studies examining modality conflict, cross-modal contradictions, and reasoning-induced errors (Carragher et al., 2025; Deng et al., 2025; Guo et al., 2024; Mao & Venkat, 2026; Mei et al., 2026; Tian et al., 2026; Zhang et al., 2025).

2.2. Comparative Analysis Framework and Evaluation Dimensions

The studies examined were subjected to a comparative analysis across the nine dimensions also defined in the abstract:

2.2.1. Uncertainty source

Whether the uncertainty originates from visual perception, textual content, cross-modal integration, or the reasoning process. At the theoretical level, uncertainty is decomposed into data-inherent (aleatoric) and model-specific (epistemic) components (Upadhyay et al., 2023). In the LLM context, sources extending beyond the classical dichotomy, such as input uncertainty, reasoning path deviation, and decoding stochasticity, have been identified (Liu et al., 2025). Moreover, semantic-level uncertainty is distinguished from token-level uncertainty (Farquhar et al., 2024).

2.2.2. Uncertainty estimation method

Methods are differentiated into logit/likelihood-based scores (Chen et al., 2024), entropy based on multiple sampling and semantic clustering (Farquhar et al., 2024), scores based on multi-sample consistency (Lyu et al., 2025), verbalized confidence expressed in natural language (Xuan et al., 2025), nonconformity scores (Zhang & Wang, 2025), and approaches based on neighbor consistency (Khan & Fu, 2024).

© 2026 ISARC Academy

2.2.3. Sampling requirement

Whether the methods operate with a single forward pass or with multiple sampling rounds; and, for sampling-based methods, whether reliable estimation is feasible with a small number of samples (McCabe et al., 2025).

2.2.4. Calibration method

Post-hoc methods such as temperature scaling (Chen et al., 2024; Guo et al., 2017), prompt-based approaches (Xuan et al., 2025; Wang & Nalisnick, 2025), training/micro-training-based methods (Jang et al., 2025; Zhang et al., 2025), and conformal prediction methods that require no retraining (Zhang & Wang, 2025).

2.2.5. Reasoning involvement

Whether reasoning mechanisms such as chain-of-thought (Mei et al., 2026), self-consistency (Wang et al., 2022), and step-by-step confidence tracking (Mao & Venkat, 2026) are incorporated into the uncertainty computation.

2.2.6. Dataset

VQA and answerability benchmarks (Eisenschlos et al., 2024; Zhang & Wang, 2025), "I don't know"-type datasets (Chen et al., 2024), modality conflict scenarios (Tian et al., 2026; Zhang et al., 2025), and reasoning benchmarks (Jang et al., 2025; Mao & Venkat, 2026).

2.2.7. Evaluation metrics

Expected calibration error, negative log-likelihood (Mao & Venkat, 2026), accuracy, selective prediction metrics, and scores such as AVG BLEU, which combine sampling with likelihood (Eisenschlos et al., 2024).

2.2.8. Computational cost

The cost of multiple sampling (McCabe et al., 2025), the low cost of post-hoc methods (Gawlikowski et al., 2023), and the lightweight nature of verbalized confidence (Xuan et al., 2025).

2.2.9. Model accessibility

The distinction between open-source models (e.g., LLaVA (Chen et al., 2024), Qwen-VL (Zhang & Wang, 2025)) and black-box models whose internal architecture is inaccessible and which cannot be retrained (e.g., GPT-4) (Khan & Fu, 2024).

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this section, the extent to which the examined methods can discriminate between uncertainties arising from different modalities is critically evaluated, particularly in terms of their ability to appropriately identify and model modality-specific uncertainty. In addition, practical factors such as computational cost, sampling requirements, inference time, and scalability are considered. Thus, the analysis focuses not only on the contributions of these methods to uncertainty estimation and the identification of cross-modal differences, but also on their practical applicability and the computational trade-offs they present in real-world settings.

© 2026 ISARC Academy

3.1. Sources of Uncertainty and the Levels at Which They Are Captured

The examined studies demonstrate that uncertainty in MLLMs is fed by four primary sources. In visually sourced uncertainty, the main factor is object hallucination arising from the failure of visual encoders to sufficiently ground images and from biased training data (Liu et al., 2024). It has been shown that even newer and larger VLMs continue to exhibit a tendency to produce highly confident hallucinated responses by strictly adhering to instructions when confronted with uncertain or anomalous inputs (Wang & Nalisnick, 2025). Notably, model confidence calibration with respect to object hallucination remains largely unaddressed (Neo & Chen, 2024).

In textually sourced uncertainty, token-level and semantic-level uncertainty estimation based on the model's output probability distribution comes to the fore; semantic-level uncertainty aims to measure the uncertainty of the meaning of the generated content rather than of token selection (Farquhar et al., 2024). Moreover, the demonstration of excessive confidence in text (blind faith in text) even when it contradicts visual information reveals that the textual layer constitutes an independent input layer that serves as a source of uncertainty (Deng et al., 2025).

In uncertainty sourced from cross-modal integration, the inherent contradictions in inputs arriving from different modalities place models in a dilemma and directly lead to hallucination (Zhang et al., 2025). As the task in cross-modal conflict resolution shifts from perceptual matching to logical contradiction detection, a consistent decline in performance is observed across all models, and models fail markedly at reasoning stages that require the synthesis of multiple cues (Tian et al., 2026). Similarly, whereas models are relatively robust to parametric knowledge conflicts (20% adherence), they exhibit significant weaknesses in recognizing counterfactual conditions (accuracy below 30%) and in resolving source conflicts (accuracy below 1%) (Carragher et al., 2025).

In reasoning-sourced uncertainty, reasoning-path deviation (Liu et al., 2025) and the temporal confidence distribution across reasoning steps are decisive: disregarding low confidence in early steps can inflate overall confidence (Mao & Venkat, 2026). Reasoning-based models, like their non-reasoning counterparts, are also capable of producing incorrect responses with high confidence (Mei et al., 2026).

Within the scope of the studies examined in this review, the evaluated method families appear to capture different subsets of uncertainty sources, and none of the approaches considered explicitly addresses all four sources simultaneously. For instance, object-hallucination-focused methods target the visual layer (Neo & Chen, 2024); modality conflict datasets target the integration layer (Tian et al., 2026) and (Zhang et al., 2025); and step-by-step confidence methods target the reasoning layer (Mao & Venkat, 2026).

3.2. Uncertainty Estimation Methods

Four main method families stand out in uncertainty estimation.

3.2.1. Logit/likelihood-based methods

Logit/likelihood-based methods employ confidence scores derived from the model's token probabilities; higher likelihood implies lower uncertainty (Chen et al., 2024). Probabilistic confidence is regarded as a more reliable signal compared to verbalized confidence (Ding et al., 2025). In in-context learning, the likelihood scores of vision-based models have been shown to be better calibrated than those of their text-only counterparts; sampling-based methods, however, were generally found to be superior (Eisenschlos et al., 2024).

3.2.2. Semantic entropy-based methods

Semantic entropy-based methods sample \(M\) response sequences from the model, partition these responses into semantic groups via bidirectional entailment-based clustering, and compute entropy at

© 2026 ISARC Academy

the semantic level (Farquhar et al., 2024). By addressing surface-level lexical variation through semantic clustering, this approach aims to measure "meaning uncertainty" rather than "word-choice uncertainty" (Farquhar et al., 2024) and (Ma et al., 2025). Moreover, being an unsupervised and out-of-the-box method provides an advantage against the problem of supervised measures degrading on out-of-distribution inputs (Dong et al., 2025). It is emphasized that the aleatoric component of semantic uncertainty corresponds to semantic entropy, whereas its epistemic component must be estimated separately (Aichberger et al., 2024). The primary limitation of this strategy is that it requires reliable estimation with only a small number of samples, along with the computational cost per sample (McCabe et al., 2025).

3.2.3. Verbalized confidence methods

Verbalized confidence methods rely on the model expressing its own confidence in natural language; their advantage lies in being lightweight and interpretable (Xuan et al., 2025). However, in VLMs, verbalized confidence frequently yields overconfidence compared to probabilistic and consistency-based signals (Ding et al., 2025); in MLLMs, a tendency to generate an answer rather than responding "I don't know" is observed, a tendency that can be mitigated through appropriate prompt engineering (Chen et al., 2024).

3.2.4. Consistency-based methods

Consistency-based methods employ the consistency of multiple samplings for the same input as a confidence signal and have been shown to achieve lower calibration error than post-hoc methods (Lyu et al., 2025). Within this family, the self-consistency method improves performance on reasoning tasks by sampling reasoning paths and selecting the most consistent answer (Wang et al., 2022). An important finding of this review is the contribution of multimodal interaction to uncertainty estimation: jointly processing visual and textual inputs reduces overconfidence compared to text-only LLM counterparts and improves the model's perception of its knowledge boundaries (Ding et al., 2025). Incorporating visual information into the uncertainty computation offers a significant advantage, given that uncertainty differentiates across image and text and that integration affects total uncertainty (Chen et al., 2024).

3.3. Calibration Methods

Calibration strategies can be grouped into four categories.

3.3.1. Temperature Scaling-Based Calibration

Temperature scaling is a straightforward post-hoc calibration method that uses a single parameter to adjust overconfident probability estimates to more realistic levels while generally preserving predictive accuracy (Guo et al., 2017; Gawlikowski et al., 2023). However, its limited expressive capacity may restrict its effectiveness in more complex calibration scenarios, highlighting the need for more flexible approaches despite its data efficiency and ability to preserve accuracy (Balanya et al., 2024). In the context of multimodal large language models (MLLMs), temperature scaling and iterative prompt optimization have also been explored as potential calibration strategies (Chen et al., 2024).

3.3.2. Prompt-Based Calibration

Prompt-based approaches provide an alternative means of improving model reliability without requiring retraining. For example, abstention prompting encourages models to refrain from answering uncertain

© 2026 ISARC Academy

inputs and has demonstrated reliability improvements on natural images (Wang & Nalisnick, 2025). Similarly, two-stage Visual Confidence-Aware Prompting has been reported to improve confidence alignment in multimodal settings (Xuan et al., 2025). These findings suggest that prompt engineering can contribute to better confidence calibration without modifying model parameters through additional training.

3.3.3. Conformal Prediction-Based Calibration

Conformal prediction offers another approach to uncertainty quantification that can be applied without retraining the underlying model. For instance, a method employing a nonconformity score based on normalized edit distance reportedly achieved exact-match performance on the selected high-confidence subset of the OK-VQA dataset using Qwen-VL-7B (Zhang & Wang, 2025). Furthermore, conformal prediction-based analyses have indicated that predictive accuracy and estimated uncertainty do not necessarily exhibit a consistent relationship, as models with higher accuracy may also demonstrate higher uncertainty (Kostyumov et al., 2025).

3.3.4. Training-Based and Mitigation-Oriented Calibration

Training-based and mitigation-oriented approaches have demonstrated varying degrees of effectiveness depending on the task and evaluation setting. For example, object-level grounding objectives have been found to produce no or only marginal reductions in object hallucination during open-ended image caption generation (Geigle et al., 2024). In studies examining modality conflicts, reinforcement learning-based methods achieved the strongest performance, whereas supervised fine-tuning yielded stable and promising results (Zhang et al., 2025).

Moreover, confidence-aware fine-tuning has been shown to improve both calibration and accuracy by encouraging models to engage in self-verification (Jang et al., 2025).

Finally, abstention and selective prediction provide practical mechanisms for handling uncertain outputs at the application level. For example, abstention capability has been evaluated on datasets such as UNK-VQA by allowing models to select an “unanswerable” response when appropriate (Guo et al., 2024). For black-box models, neighborhood-consistency-based sampling with a proxy model has also been proposed as a means of selectively excluding unreliable responses (Khan & Fu, 2024).

Table 1. Comparison of Calibration Methods in MLLMs

Calibration Approach	Advantage	Disadvantage
Temperature Scaling	Simple, post-hoc	May require access to model probabilities
Prompt Calibration	Requires no training	Sensitive to the prompt
Conformal Prediction	Coverage guarantee	Requires a prediction-set structure
Training-based Calibration	Stronger adaptation	High training cost

3.4. Reasoning and Uncertainty Interaction

Incorporating reasoning mechanisms into uncertainty estimation affects both calibration and predictive performance. Recent research on reasoning models indicates that explicitly reflecting on intermediate reasoning traces can improve calibration in some models, although deeper reasoning does not consistently lead to better calibration across all models (Mei et al., 2026). Furthermore, calibration performance is consistently better when models engage in visual reasoning by explicitly reasoning about

© 2026 ISARC Academy

image content, suggesting that modality-specific reasoning is critical for reliable uncertainty estimation (Xuan et al., 2025). Self-consistency, which samples multiple reasoning paths instead of relying on a single greedy decoding and selects the most consistent answer, improves reasoning accuracy; reported performance gains include 17.9% on GSM8K, 11.0% on SVAMP, 12.2% on AQuA, 6.4% on StrategyQA, and 3.9% on ARC-Challenge (Wang et al., 2023). Calibration studies based on sample consistency have revealed that intermediate explanations and larger sample sizes improve calibration, whereas instruction tuning can make calibration more difficult (Lyu et al., 2025). The temporal dimension of the reasoning process is likewise important for uncertainty computation: methods that estimate temporally aware confidence through inter-step attention and a hidden confidence mechanism have outperformed prior approaches in terms of negative log-likelihood (NLL) and expected calibration error (ECE) on the GAOKAO mathematics and CLadder causal reasoning benchmarks (Mao & Venkat, 2026). It has also been shown that fine-tuning with verbalized confidence labels can elicit longer, self-verifying responses to low-confidence queries, thereby improving calibration and accuracy jointly (Jang et al., 2025). These findings demonstrate that reasoning involvement affects not only predictive performance but also how models assess their own knowledge boundaries.

Table 2. Methodological Comparison of MLLM Studies

Year	Study	Uncertainty Source	Estimation Method	Sampling Requirement	Calibration Method	Reasoning Involvement
2023	Multimodal Chain-of-Thought (Zhang et al., 2023)	Reasoning (visual + textual)	— (reasoning framework)	Not required	None; hallucination reduction effect	Yes (two-stage: rationale → answer)
2023	ProbVLM (Upadhyay et al., 2023)	Representation (embedding) uncertainty	Probabilistic adapter	—	— (aleatoric/epistemic distinction)	—
2024	Unveiling Uncertainty (Chen et al., 2024)	Visual–textual–integration (varies between image and text)	Likelihood-based confidence scores	Single pass	Temperature scaling + iterative prompt optimization	None (training/fine-tuning scenario analysis)
2024	VL-Uncertainty (Zhang et al., 2024)	Visual + textual input uncertainty	Semantic perturbation (blurring / LLM paraphrasing) + cluster distribution entropy	Perturbed prompt pairs (multiple forward passes)	None (hallucination detection)	None
2024	Uncertainty-Aware Evaluation for VLMs (Kostumov et al., 2024)	General output uncertainty	Conformal prediction	Not required (post-hoc)	Conformal prediction; Extra ECE	None
2024	Consistency and Uncertainty (Khan & Fu, 2024)	Reliability conditioned on visual input	Approximate neighborhood sampling via proxy model + consistency	Proxy-based additional sampling	Selective prediction (excluding unreliable responses)	None
2024	VORD (Neo & Chen, 2024)	Visual (object hallucination)	Visual ordinal calibration	—	Ordinal calibration to reduce hallucination	—

© 2026 ISARC Academy

2024	Selectively Answering Visual Questions (Eisenschlos et al., 2024)	Answerability (unanswerable questions)	Sampling + likelihood signals	Yes (multiple sampling)	Selective abstention	None
2025	Do LVLMs Know What They Know? (Ding et al., 2025)	Verbal self-assessment (knowledge boundary perception)	Verbalized confidence; compared with probabilistic and consistency signals	Verbal: not required; consistency: multiple sampling	— (comparative analysis)	ICL scenarios (visual-based models better calibrated)
2025	Evaluation of Multimodal Image and Text Processing Models (Kostyumov et al., 2025)	Multimodal model behavior (uncertainty perspective)	—	—	—	—
2025	Words or Vision (Deng et al., 2025)	Text–image conflict (blind faith in text)	— (behavioral analysis)	Not required	None	None
2025	Robust MLLMs Against Modality Conflict (Zhang et al., 2025)	Cross-modal conflict (integration)	— (robustness enhancement)	Not required	Training-based: RL (best), SFT (stable)	None
2025	Are VLMs robust to uncertain inputs? (Wang & Nalisnick, 2025)	Uncertain inputs (visual)	Verbalized confidence (abstention prompt)	Not required	Abstention prompting; two-stage VCAP	None
2025	Seeing is Believing Language Models (Xuan et al., 2025)	Model self-assessment (verbalized confidence)	Natural-language confidence expressions	Not required	Verbalized calibration analysis; prompt optimization	None
2025	Selective Prediction for VQA (Zhang & Wang, 2025)	General output reliability	Normalized edit-distance nonconformity score	Not required (post-hoc)	Conformal prediction	None
2025	SegSub (Carragher et al., 2025)	Parametric knowledge conflicts; hallucination	— (robustness benchmark)	Not required	None	Yes (counterfactual condition recognition; source conflict resolution)
2026	CrossCheck-Bench (Tian et al., 2026)	Cross-modal / intra-modal	— (diagnostic benchmark)	Not required	None	Yes (multi-cue synthesis,

© 2026 ISARC Academy

		conflict (compositional)			logical conflict detection)	
2026	UMPIRE (Lau et al., 2026)	Semantic diversity + local response incoherence	Incoherence-adjusted semantic volume of sampled responses (internal features, no external tools)	Yes (multiple sampling)	Error detection and calibration	None
2026	VirtueBench (Yu et al., 2026)	Missing key frames (answerability under uncertainty, long video)	Benchmark with multiple frame-sampling levels; answerable/unanswerable ground truths; refusal behavior evaluation	Not required (evaluation benchmark)	None (refusal/trustworthiness assessment)	None

3.5. Datasets, Metrics, Computational Cost, and Model Accessibility

In terms of datasets, the examined studies span a diverse range: VQA benchmarks (OK-VQA (Zhang & Wang, 2025) and three different VQA datasets (Ding et al., 2025)), answerability benchmarks (Eisenschlos et al., 2024), the IDK dataset (Chen et al., 2025), the abstention dataset UNK-VQA, the modality conflict dataset MMMC (Zhang et al., 2025), CrossCheck-Bench, constructed on 15,000 question-answer pairs and 13 models (Tian et al., 2026), and reasoning benchmarks (GSM8K, MATH-500, ARC-Challenge) (Jang et al., 2025); GAOKAO and Cladder (Mao & Venkat, 2026). It should also be taken into account that MSCOCO-based protocols in hallucination evaluation have been criticized for training data contamination and for measuring open-ended caption generation rather than closed-ended question answering (Geigle et al., 2024).

In terms of evaluation metrics, expected calibration error and negative log-likelihood are widely used (Guo et al., 2017); task-specific scores also stand out, such as calibration error comparisons. Post-hoc methods such as temperature scaling are computationally cheap (Guo et al., 2017); verbalized confidence is lightweight and interpretable (Xuan et al., 2025); and conformal prediction requires no retraining.

In terms of model accessibility, the studies cluster at two extremes: open-source models whose internal architecture is accessible (LLaVA-13B, Qwen-VL-7B) allow access to token probabilities and fine-tuning, whereas black-box models whose internal architecture is inaccessible and which cannot be retrained (such as GPT-4) necessitate sampling-, prompt-engineering-, or proxy-model-based approaches. The studies were conducted across broad scopes including both proprietary and open-source models (10 VLMs, 3 LVLMs and 3 VQA datasets (Ding et al., 2025), more than 20 models and 5 datasets).

Table 3. Evaluation and Application Comparison of MLLM Studies

Year	Study	Dataset	Evaluation Metrics	Computational Cost	Model Accessibility
2023	Multimodal Chain-of-Thought (Zhang et al., 2023)	ScienceQA; A-OKVQA	Accuracy	Low–medium	Open-source (<1B models)
2023	ProbVLM (Upadhyay et al., 2023)	—	—	—	Frozen VLMs

© 2026 ISARC Academy

2024	Unveiling Uncertainty (Chen et al., 2024)	IDK; OOD (July24-NewsVQA)	Accuracy; calibration analysis	Low (post-hoc)	Open-source (LLaVA-13B; Qwen-VL)
2024	VL-Uncertainty (Zhang et al., 2024)	4 benchmarks (free-form + multiple-choice)	Hallucination detection performance	Medium	Black-box compatible (10 LVLMs)
2024	Uncertainty-Aware Evaluation for VLMs (Kostumov et al., 2024)	5 datasets (multiple-choice VQA)	Accuracy; additional ECE (accuracy–uncertainty mismatch finding)	Low	20+ VLMs
2024	Consistency and Uncertainty (Khan & Fu, 2024)	— (selective VQA setting)	Selective prediction performance	High (proxy model)	Black-box targeted
2024	VORD (Neo & Chen, 2024)	—	—	—	—
2024	Selectively Answering Visual Questions (Eisenschlos et al., 2024)	Answerability benchmarks	AVG BLEU	Medium (sampling)	—
2025	Do LVLMs Know What They Know? (Ding et al., 2025)	3 VQA datasets	Confidence–accuracy alignment; accuracy	Low–medium	Open-source LVLMs (3 LVLMs)
2025	Evaluation of Multimodal Image and Text Processing Models (Kostyumov et al., 2025)	5 datasets	—	—	More than 20 models
2025	Words or Vision (Deng et al., 2025)	Conflict scenarios with textual manipulation	Accuracy	Low	10 VLMs
2025	Robust MLLMs Against Modality Conflict (Zhang et al., 2025)	MMMC	Accuracy	Training cost	—
2025	Are VLMs robust to uncertain inputs? (Wang & Nalisnick, 2025)	Natural images (uncertain input scenarios)	Reliability; confidence–alignment	Low (prompt-based)	—
2025	Seeing is Believing Language Models (Xuan et al., 2025)	—	Calibration (overconfidence analysis)	Low	Open and black-box; low cost
2025	Selective Prediction for VQA (Zhang & Wang, 2025)	OK-VQA	Exact match on retained subset	Low	Open-source (Qwen-VL7B)

© 2026 ISARC Academy

2025	SegSub (Carragher et al., 2025)	SegSub	Adherence 20%; counterfactual recognition <30%; source conflict resolution <1% (accuracy)	Low	—	
2026	CrossCheck-Bench (Tian et al., 2026)	CrossCheck-Bench (15,000 question-answer pairs; 13 models)	Accuracy (declines with task complexity)	Low (evaluation)	13 models (open + proprietary)	
2026	UMPIRE (Lau et al., 2026)	Image, audio, and video-text benchmarks (incl. adversarial and OOD settings)	Error detection; uncertainty calibration	Low (training-free, no external tools)	—	
2026	VirtueBench (Yu et al., 2026)	VirtueBench (long video; multiple frame-sampling levels)	Refusal accuracy (best >70%, worst ~0%); refusal drop without explicit prompt	Low (evaluation)	25 open-source and commercial VLMs	

3.6. Comparative Summary of Method Families

The following table summarizes the reviewed method families within the framework of the identified analysis dimensions:

Table 4. Comparative Summary of Method Families

Method Family	Typical Uncertainty Source	Estimation Strategy	Sampling Requirement	Calibration / Usage Mode	Model Access
Logit/likelihood-based	Output (token) level	Likelihood score derived from token probabilities (Chen et al., 2024)	Single forward pass sufficient	Temperature scaling	Open and black-box
Semantic entropy	Semantic/textual	Sampling M responses, semantic clustering, entropy (Farquhar et al., 2024)	Multiple sampling	Score-based detection / abstention	Black-box compatible
Verbalized confidence	Model self-assessment	Confidence expression in natural language (Xuan et al., 2025)	Not required	Prompt optimization, two-stage prompting	Open and black-box; low cost
Consistency-based	Reasoning and output consistency	Multiple sampling + sample consistency score (Lyu et al., 2025)	Multiple sampling	Consistency-focused calibration Consistency	Black-box compatible

© 2026 ISARC Academy

Conformal prediction	General output reliability	Nonconformity score	Not required (post-hoc)	Post-hoc without retraining	Open and black-box
Neighborhood consistency	Reliability conditioned on visual input	Neighborhood sampling via proxy model (Khan & Fu, 2024)	Proxy-based	Selective prediction / abstention	Black-box targeted

4. CONCLUSION

In this review, the relationship between uncertainty estimation, calibration, and reasoning in multimodal large language models (MLLMs) was systematically examined across nine analytical dimensions. The findings support three main conclusions.

First, existing uncertainty estimation approaches capture different sources of uncertainty to varying degrees. Visual perception errors (Liu et al., 2024), overreliance on text (Deng et al., 2025), modality conflicts (Zhang et al., 2025), and deviations in reasoning paths (Liu et al., 2025) represent distinct sources of uncertainty. However, within the scope of the studies reviewed, none of the examined method families comprehensively models all these sources. This finding reinforces the research gap identified in the abstract: there is a need for integrated frameworks that jointly address different dimensions of uncertainty in MLLMs.

Second, semantic uncertainty methods have made significant progress in detecting textual uncertainty by mitigating token-level lexical variation through semantic clustering (Farquhar et al., 2024; Ma et al., 2025). In contrast, incorporating visual information into uncertainty computation offers a substantial advantage in multimodal approaches by reducing overconfidence and improving the model's awareness of its knowledge boundaries (Chen et al., 2025; Ding et al., 2025).

Third, substantial differences exist among existing methods in terms of calibration strategies, reasoning involvement, and computational cost. Although post-hoc temperature scaling is computationally inexpensive and broadly applicable (Gawlikowski et al., 2023; Guo et al., 2017), methods based on multiple samples can achieve better calibration at a higher computational cost (Lyu et al., 2025; McCabe et al., 2025). Incorporating reasoning mechanisms, including chain-of-thought (CoT) prompting (Mei et al., 2026), self-consistency (Wang et al., 2022), and step-by-step confidence tracking (Mao & Venkat, 2026), can improve calibration. However, when working with black-box models, sampling-based techniques, prompt manipulation, and proxy-based approaches become necessary (Khan & Fu, 2024). Within the scope of this review, these differences suggest that no single approach among those examined adequately represents all identified sources of uncertainty. Therefore, method selection should be tailored to the specific task, model, and deployment conditions. The limitations of this review include its reliance on accessible publications, the need for frequent updates due to the rapid evolution of the field, and the absence of a quantitative meta-analysis.

REFERENCES

Aichberger, L., Schweighofer, K., Ielanskyi, M., & Hochreiter, S. (2024). Improving Uncertainty Estimation through Semantically Diverse Language Generation. In *arXiv (Cornell University)*. Cornell University. https://doi.org/10.48550/arxiv.2406.04306

Bai, Z., Wang, P., Xiao, T., He, T., Han, Z., Zhang, Z., & Shou, M. Z. (2024). Hallucination of Multimodal Large Language Models: A Survey. In *arXiv (Cornell University)*. Cornell University. https://doi.org/10.48550/arxiv.2404.18930

Balanya, S. A., Maroñas, J., & Ramos, D. (2024). Adaptive temperature scaling for Robust calibration of deep neural networks. *Neural Computing and Applications*, *36*(14), 8073–8095. https://doi.org/10.1007/s00521-024-09505-4

Caffagni, D., Cocchi, F., Barsellotti, L., Moratelli, N., Sarto, S., Baraldi, L., Baraldi, L., Cornia, M., & Cucchiara, R. (2024). *The Revolution of Multimodal Large Language Models: A Survey*. 13590–13618. https://doi.org/10.18653/v1/2024.findings-acl.807

Carragher, P., Rao, N., Jha, A., Raghav, R., & Carley, K. M. (2025). SegSub: Evaluating Robustness to Knowledge Conflicts and Hallucinations in Vision-Language Models. In *ArXiv.org*. https://doi.org/10.36190/2025.27

Chen, Z., Hu, W., He, G., Deng, Z., Zhang, Z., & Hong, R. (2024). Unveiling Uncertainty: A Deep Dive into Calibration and Performance of Multimodal Large Language Models. In *arXiv (Cornell University)*. Cornell University. https://doi.org/10.48550/arxiv.2412.14660

Deng, A., Cao, T., Chen, Z., & Hooi, B. (2025). Words or Vision: Do Vision-Language Models Have Blind Faith in Text? *ArXiv.Org*. http://arxiv.org/abs/2503.02199

Ding, Z.-J., Ni, S., & Bi, K. (2025). *Do LVLMs Know What They Know? A Systematic Study of Knowledge Boundary Perception in LVLMs*. 19832–19848. https://doi.org/10.18653/v1/2025.findings-emnlp.1081

Dong, Y., Mu, R., Zhang, Y., Sun, S., Zhang, T., Wu, C., Jin, G., Qi, Y., Hu, J., Meng, J., Bensalem, S., & Huang, X. (2025). Safeguarding large language models: a survey. *Artificial Intelligence Review*, *58*(12), 382–382. https://doi.org/10.1007/s10462-025-11389-2

Eisenschlos, J. M., Maina, H., Ivetta, G., & Benotti, L. (2024). Selectively Answering Visual Questions. In *arXiv (Cornell University)*. Cornell University. https://doi.org/10.48550/arxiv.2406.00980

Farquhar, S., Kossen, J., Kuhn, L., & Gal, Y. (2024). Detecting hallucinations in large language models using semantic entropy. *Nature*, *630*(8017), 625–630. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07421-0

Gawlikowski, J., Tassi, C. R. N., Ali, M., Lee, J., Humt, M., Feng, J., Kruspe, A., Triebel, R., Jung, P., Roscher, R., Shahzad, M., Yang, W., Bamler, R., & Zhu, X. X. (2023). A survey of uncertainty in deep neural networks. *Artificial Intelligence Review*, *56*, 1513–1589. https://doi.org/10.1007/s10462-023-10562-9

Geigle, G., Timofte, R., & Glavašš, G. (2024). Does Object Grounding Really Reduce Hallucination of Large Vision-Language Models? In *arXiv (Cornell University)*. Cornell University. https://doi.org/10.48550/arxiv.2406.14492

Guo, C., Pleiss, G., Sun, Y., & Weinberger, K. Q. (2017). On Calibration of Modern Neural Networks. In *arXiv (Cornell University)*. Cornell University. https://doi.org/10.48550/arxiv.1706.04599

Guo, Y., Jiao, F., Shen, Z., Nie, L., & Kankanhalli, M. (2024). UNK-VQA: A Dataset and a Probe Into the Abstention Ability of Multi-Modal Large Models. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *46*(12), 10284–10296. https://doi.org/10.1109/tpami.2024.3437288

Huang, H., Yang, Y., Zhang, Z., Lee, S., & Wu, Y. (2024). A Survey of Uncertainty Estimation in LLMs: Theory Meets Practice. In *arXiv (Cornell University)*. Cornell University. https://doi.org/10.48550/arxiv.2410.15326

Huang, L., Yu, W., Ma, W., Zhong, W., Feng, Z., Wang, H., Chen, Q., Peng, W., Feng, X., Qin, B., & Liu, T. (2024). A Survey on Hallucination in Large Language Models: Principles, Taxonomy, Challenges, and Open Questions. *ACM Transactions on Information Systems*, *43*(2), 1–55. https://doi.org/10.1145/3703155

Jang, C., Choi, M., Kim, Y., Lee, H., & Lee, J. (2025). Verbalized Confidence Triggers Self-Verification: Emergent Behavior Without Explicit Reasoning Supervision. In *ArXiv.org*. https://doi.org/10.48550/arxiv.2506.03723

Khan, Z., & Fu, Y. (2024). *Consistency and Uncertainty: Identifying Unreliable Responses From Black-Box Vision-Language Models for Selective Visual Question Answering*. 10854–10863. https://doi.org/10.1109/cvpr52733.2024.01032

Kostumov, V., Nutfullin, B., Pilipenko, O., & Ilyushin, E. (2024). Uncertainty-Aware Evaluation for Vision-Language Models. arXiv. https://arxiv.org/abs/2402.14418

© 2026 ISARC Academy

Kostyumov, V., Nutfullin, B. M., & Pilipenko, O. (2025). Evaluation of Multimodal Image and Text Processing Models from an Uncertainty Perspective. *Pattern Recognition and Image Analysis*, *35*(3), 255–268. https://doi.org/10.1134/s1054661825700166

Lau, G. K. R., Dao, H., Lin, N. K. H., & Low, B. K. H. (2026). Uncertainty Quantification for Multimodal Large Language Models with Incoherence-adjusted Semantic Volume. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2602.24195

Liu, H., Xue, W., Chen, Y., Chen, D., Zhao, X., Wang, K., Hou, L., Li, R., & Peng, W. (2024). A Survey on Hallucination in Large Vision-Language Models. In *arXiv (Cornell University)*. Cornell University. https://doi.org/10.48550/arxiv.2402.00253

Liu, X., Chen, T., Da, L., Chen, C., Lin, Z., & Wei, H. (2025). Uncertainty Quantification and Confidence Calibration in Large Language Models: A Survey. In *ArXiv.org*. https://doi.org/10.48550/arxiv.2503.15850

Lyu, Q., Shridhar, K., Malaviya, C., Zhang, L., Elazar, Y., Tandon, N., Apidianaki, M., Sachan, M., & Callison-Burch, C. (2025). Calibrating Large Language Models with Sample Consistency. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, *39*(18), 19260–19268. https://doi.org/10.1609/aaai.v39i18.34120

Ma, H., Pan, J., Liu, J., Chen, Y., Zhou, J. T., Wang, G., Hu, Q., Wu, H., Zhang, C., & Wang, H. (2025). Semantic Energy: Detecting LLM Hallucination Beyond Entropy. In *ArXiv.org*. https://doi.org/10.48550/arxiv.2508.14496

Mao, Z., & Venkat, A. (2026). Recurrent Confidence Chain: Temporal-Aware Uncertainty Quantification in Large Language Models. *ArXiv.Org*. http://arxiv.org/abs/2601.13368

McCabe, L. H., Melamed, R., Hartvigsen, T., & Huang, H. H. (2025). Estimating Semantic Alphabet Size for LLM Uncertainty Quantification. In *ArXiv.org*. https://doi.org/10.48550/arxiv.2509.14478

Mei, Z., Zhang, C., Yin, T., Lidard, J., Shorinwa, O., & Majumdar, A. (2026). *Reasoning about Uncertainty: Do Reasoning Models Know When They Don't Know?*

Neo, D., & Chen, T. (2024). VORD: Visual Ordinal Calibration for Mitigating Object Hallucinations in Large Vision-Language Models. In *arXiv (Cornell University)*. Cornell University. https://doi.org/10.48550/arxiv.2412.15739

Shorinwa, O., Mei, Z., Lidard, J., Ren, A. Z., & Majumdar, A. (2025). A Survey on Uncertainty Quantification of Large Language Models: Taxonomy, Open Research Challenges, and Future Directions. *ACM Computing Surveys*, *58*(3), 1–38. https://doi.org/10.1145/3744238

Tian, B., Si, Y., Wang, J., Li, L., Bao, Z., Zhou, Z., Wang, T., Li, S., Xu, Z., Wang, M., Zhang, Z., Wang, Z., Yun, Y. K., Tian, K., Yang, N., & Qiu, M. (2026). CrossCheck-Bench: Diagnosing Compositional Failures in Multimodal Conflict Resolution. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, *40*(31), 25887–25895. https://doi.org/10.1609/aaai.v40i31.39788

Upadhyay, U., Karthik, S., Mancini, M., & Akata, Z. (2023). *ProbVLM: Probabilistic Adapter for Frozen Vison-Language Models*. 1899–1910. https://doi.org/10.1109/iccv51070.2023.00182

Wang, X., Lee, J., Schuurmans, D., Le, Q. V., H., E., Sharan, N., Aakanksha, C., & Denny, Z. (2022). Self-Consistency Improves Chain of Thought Reasoning in Language Models. In *arXiv (Cornell University)*. Cornell University. https://doi.org/10.48550/arxiv.2203.11171

Wang, X., & Nalisnick, E. (2025). Are vision language models robust to uncertain inputs? In *ArXiv.org*. https://doi.org/10.48550/arxiv.2505.11804

Xuan, W., Zeng, Q., Qi, H., Wang, J., & Yokoya, N. (2025). Seeing is Believing, but How Much? A Comprehensive Analysis of Verbalized Calibration in Vision-Language Models. In *Underline Science Inc.* https://doi.org/10.18653/v1/2025.emnlp-main.74

Yu, X., Li, B., Li, Y., & Yang, Z. (2026). VirtueBench: Evaluating Trustworthiness under Uncertainty in Long Video Understanding. CVPR 2026. Resmî açık erişim PDF

© 2026 ISARC Academy

Zhang, Z., Zhang, A., Li, M., Zhao, H., Karypis, G., & Smola, A. (2023). Multimodal Chain-of-Thought Reasoning in Language Models. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.00923

Zhang, R., Zhang, H., & Zheng, Z. (2024). VL-Uncertainty: Detecting Hallucination in Large Vision-Language Model via Uncertainty Estimation. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.11919

Zhang, L., & Wang, C. (2025). *Selective Prediction for VQA: Enhancing Trust in MLLMs Through Normalized Edit-Distance Conformal Calibration*. 1–5. https://doi.org/10.1109/aiea66061.2025.11160576

Zhang, Z., Zhou, W., Zhao, J., & Li, H. (2025). Robust Multimodal Large Language Models Against Modality Conflict. In *ArXiv.org*. https://doi.org/10.48550/arxiv.2507.07151

© 2026 ISARC Academy

ÇOK MODLU BÜYÜK DİL MODELLERİNDE AÇIKLANABİLİRLİK: AÇIKLAMALAR GÖRSEL KANITLARI YANSITIYOR MU?

Res. Asst. Neval KARACA ÇAKMAK
Harran University, Department of Computer Engineering, 63050 Haliliye, Şanlıurfa
ORCID: 0009-0007-2846-0120

Assoc. Prof. Dr. Çiğdem İNAN ACI
Mersin University, Department of Computer Engineering, 33343 Yenişehir, Mersin
ORCID: 0000-0002-0028-9890

ÖZET

Görsel ve metinsel verileri ortak bir değerlendirme sürecinde ele alan Çok Modlu Büyük Dil Modelleri (Multimodal Large Language Models, MLLM'ler), karmaşık görsel içeriklerin yorumlanması ve bu içeriklere dayalı açıklamalar üretilmesi açısından yeni olanaklar sunmaktadır. Bununla birlikte, doğru bir cevap üretilmesi, modelin sunduğu açıklamanın girdi görüntüsünde bulunan görsel kanıtlarla desteklendiğini tek başına garanti etmez. MLLM'ler, ilgili görüntü bölgelerini göz ardı eden, dilsel ön kabullere dayanan veya görsel açıdan desteklenmeyen iddialar içeren makul açıklamalar üretebilir. Bu nedenle, üretilen açıklamaların görsel kanıtları gerçekten yansıtıp yansıtmadığı hâlâ açık bir araştırma sorusudur. Bu sorunun ele alınması, çok modlu sistemlerde görsel kanıt, açıklama kalitesi ve akıl yürütme sadakati arasındaki ilişkinin incelenmesini gerektirmektedir. Bu derleme, MLLM'lerde açıklanabilirliği, özellikle üretilen açıklamaların görsel kanıtlara ne ölçüde dayandığına odaklanarak incelemektedir. İlgili literatür dört boyut altında sınıflandırılmaktadır: görsel kanıtın konumlandırılması, metinsel açıklama üretimi, kanıt ile açıklama arasındaki uyum ve karşıolgusal değerlendirme. Mevcut yaklaşımlar; yöntemsel ilkeleri, değerlendirme stratejileri, güçlü yönleri ve sınırlılıkları açısından karşılaştırılmaktadır. Ayrıca açıklamanın makul görünmesi, görsel temellendirme ve açıklama sadakati arasındaki farklar ele alınmakta; bu özelliklerin birbirinin yerine kullanılabilecek kavramlar olarak değerlendirilmesi yerine ayrı ayrı ölçülmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Ardından, görsel kanıtlarla desteklenmeyen açıklamalar, güvenilir değerlendirme, çok modlu akıl yürütme ve tekrarlanabilirlik dâhil olmak üzere temel zorluklar tartışılmaktadır. Bu farklı bakış açılarını sentezleyen derleme, MLLM'ler için daha sadık ve görsel kanıtlara daha güçlü biçimde dayanan açıklamalar geliştirmeye yönelik mevcut yaklaşımların ve araştırma zorluklarının sistematik bir çerçevede anlaşılmasını amaçlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Çok Modlu Büyük Dil Modelleri, Açıklanabilir Yapay Zekâ, Görsel Temellendirme, Açıklama Sadakati

EXPLAINABILITY IN MULTIMODAL LARGE LANGUAGE MODELS: DO EXPLANATIONS REFLECT VISUAL EVIDENCE?

ABSTRACT

Multimodal Large Language Models (MLLMs), which process visual and textual data within a shared interpretative framework, offer new opportunities for interpreting complex visual content and generating explanations based on such content. However, producing a correct answer does not, in itself, guarantee that the explanation provided by the model is supported by the visual evidence present in the input image. MLLMs may generate plausible explanations that overlook relevant image regions, rely on linguistic priors, or introduce visually unsupported claims. Therefore, whether generated explanations genuinely reflect visual evidence remains an open research question. Addressing this question requires

© 2026 ISARC Academy

examining the relationship between visual evidence, explanation quality, and reasoning faithfulness in multimodal systems. This review investigates explainability in MLLMs, with particular emphasis on the extent to which generated explanations are grounded in visual evidence. The relevant literature is classified along four dimensions: visual evidence localization, textual explanation generation, evidence–explanation alignment, and counterfactual evaluation. Existing approaches are compared in terms of their methodological principles, evaluation strategies, strengths, and limitations. Furthermore, the review distinguishes explanation plausibility from visual grounding and explanation faithfulness, emphasizing that these properties should be evaluated separately rather than treated as interchangeable concepts. Key challenges are also discussed, including visually unsupported explanations, reliable evaluation, multimodal reasoning, and reproducibility. By synthesizing these perspectives, this review aims to provide a structured understanding of existing approaches and the research challenges involved in developing more faithful explanations that are more strongly grounded in visual evidence for MLLMs.

Keywords: Multimodal Large Language Models, Explainable Artificial Intelligence, Visual Grounding, Explanation Faithfulness

1. INTRODUCTION

Multimodal Large Language Models have emerged as a significant research direction that integrates vision and language, achieving remarkable progress in multimodal understanding (Ji et al., 2025). By combining visual representations with language-based reasoning and generation, these models perform tasks such as visual question answering, image captioning, visual reasoning, and document understanding, and they have demonstrated significant proficiency in image perception, visual question answering, and instruction following (Hosseini et al., 2025). Because they produce natural-language explanations, they are appealing for applications in which users expect not only an answer but also an intelligible account of the model's decision-making. Nevertheless, the generation of a plausible explanation does not guarantee that the explanation faithfully represents the reasoning process that produced the model's prediction (Ambsdorf, 2023). A model may arrive at a correct answer by relying on learned priors or biases rather than the image information, producing descriptions that are insufficiently grounded in the actual visual input (Ji et al., 2025); evaluations of state-of-the-art MLLMs reveal this as systematic perceptual blindness and perception–reasoning dissociation (Lv et al., 2026). Conversely, an incorrect answer may be accompanied by a fluent and convincing explanation that refers to objects, attributes, or relationships unsupported by the image, thereby exhibiting category, attribute, and relation hallucinations (Bai et al., 2024).

These limitations motivate a distinction between three properties of explanations. Plausibility concerns whether an explanation appears reasonable to a human reader. Visual grounding concerns whether the explanation can be associated with relevant evidence in the image. Faithfulness concerns whether the explanation accurately reflects the factors that influence the model's output. Although these properties are related, they are not equivalent. A visually plausible explanation may remain unfaithful to the model's actual behavior.

Previous work has explored explainability and interpretability in MLLMs from data, model, training, and inference perspectives. Dang et al. (2024), for example, proposed a broad framework for categorizing explainability and interpretability methods. Shu et al. (2025) examined alignment and misalignment in large vision-language models through an explainability-oriented perspective. Research such as VFaith has also investigated whether multimodal reasoning remains faithful to visual information when relevant visual cues are modified. These studies establish a foundation for examining the relationship between multimodal outputs and their supporting evidence. However, a focused synthesis is still valuable for comparing how visual evidence is represented, how explanations are evaluated, and whether evaluation methods distinguish linguistic plausibility from evidence-based faithfulness. Rather than treating explainability as a single property, this review organizes the problem around the relationship between a model's answer, its explanation, and the visual evidence available in the input.

© 2026 ISARC Academy

The main objectives of this review are as follows:

- To classify approaches for explaining MLLM outputs with respect to visual evidence.
- To distinguish visual localization, textual justification, and explanation faithfulness.
- To compare the evaluation strategies used to assess the relationship between explanations and image content.
- To identify methodological limitations and future research directions for evidence-grounded explanations.

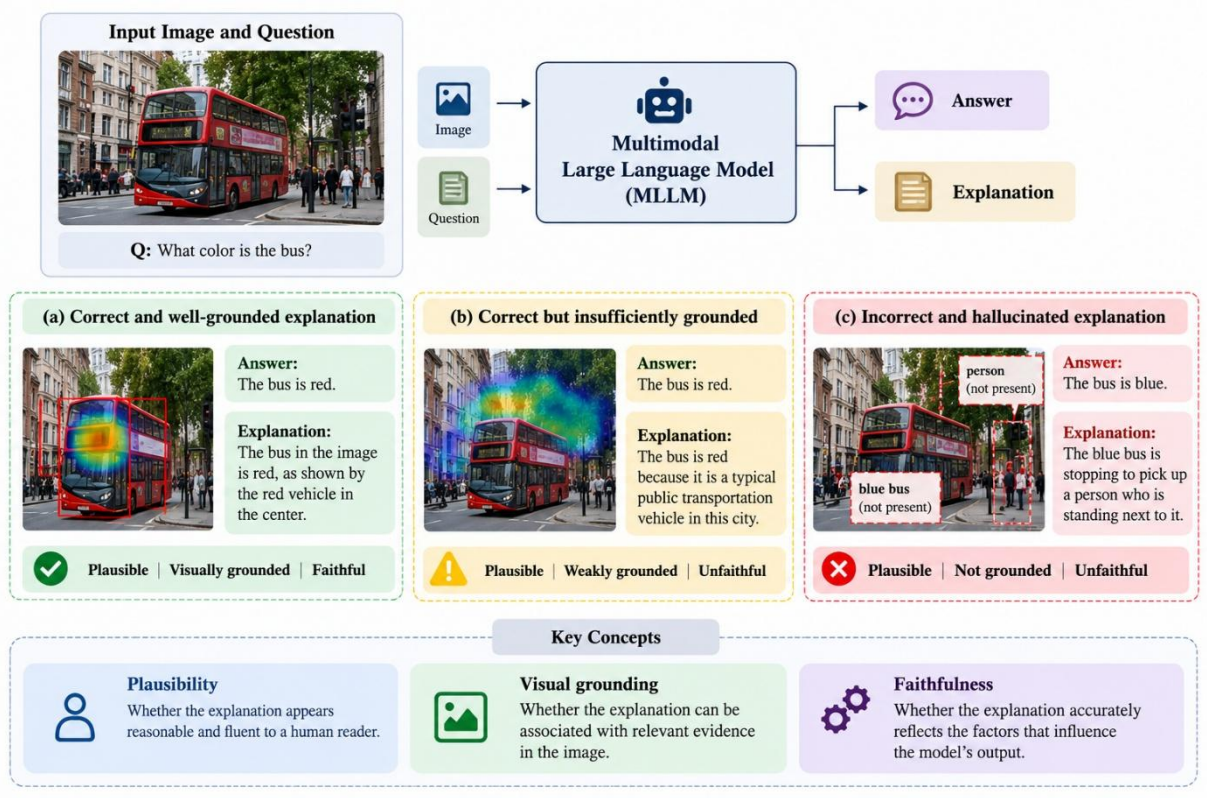


Figure 1. Visual illustration of answer correctness, visual grounding, and explanation faithfulness in multimodal large language models

As illustrated in Figure 1, evaluating multimodal large language models (MLLMs) requires more than assessing the correctness of their final answers. A correct answer does not necessarily indicate that the accompanying explanation is supported by visual evidence, just as an incorrect answer may be accompanied by unsupported descriptions of objects or events. The three cases presented in the figure illustrate these distinctions: an answer supported by identifiable visual evidence, a correct answer accompanied by plausible but unverifiable claims, and an incorrect answer involving references to objects or events absent from the image. These examples highlight the distinction between three related but separate properties: plausibility, visual grounding, and explanation faithfulness. Plausibility concerns whether an explanation appears reasonable to a human reader; visual grounding examines whether its claims are supported by identifiable image content; and explanation faithfulness concerns whether the explanation reflects the factors influencing the model's output. Although these properties are related, they are not interchangeable. In particular, an explanation may be plausible and visually consistent without faithfully representing the factors that contributed to the model's prediction. This distinction motivates the present review, which examines approaches to visual evidence localization, textual explanation generation, evidence–explanation alignment, and faithfulness evaluation through perturbations and counterfactual interventions. By considering these complementary dimensions, the

© 2026 ISARC Academy

review aims to clarify how existing methods assess the relationship between generated explanations and visual evidence, as well as the extent to which these explanations reflect model behavior.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Literature Search Strategy

This review investigates explainability in multimodal large language models (MLLMs), with particular emphasis on whether model-generated explanations are supported by visual evidence and whether they faithfully reflect the information influencing model predictions. The literature search focuses on research published between 2020 and 2026, covering visual grounding, explanation generation, evidence–explanation alignment, multimodal hallucination, and explanation faithfulness. This period captures foundational work on explanation evaluation as well as more recent studies addressing the reliability and interpretability of multimodal systems.

The search strategy is designed to identify studies that examine explanations from both a linguistic and a visual perspective. Relevant search terms include “multimodal large language models,” “large vision-language models,” “explainability,” “interpretability,” “visual grounding,” “visual evidence,” “explanation faithfulness,” “multimodal reasoning,” “object hallucination,” “claim-level grounding,” “counterfactual evaluation,” and “visual evidence localization.” These terms are used individually and in combinations to cover different aspects of explanation generation and evaluation. The search also considers related terminology used in studies of large vision-language models (LVLMs), as these models share substantial methodological overlap with MLLMs in image understanding and vision-language generation.

The literature search is informed by foundational research on explainable artificial intelligence and faithful interpretation, including Barredo Arrieta et al. (2020) and Jacovi and Goldberg (2020). These studies provide conceptual foundations for distinguishing the interpretability of a model from the reliability of an explanation generated for a particular prediction. More recent work extends this perspective to language and multimodal systems. Lyu et al. (2024), for example, systematically reviewed explanation methods in natural language processing from the perspective of faithfulness, while Dang et al. (2024) examined explainability and interpretability in MLLMs across data, model, training, and inference perspectives. Research on multimodal hallucination, including Bai et al. (2024), further motivates the investigation of whether generated textual claims remain consistent with the visual content of the input.

Relevant publications are identified through searches of academic databases and scholarly repositories. The reference lists of selected publications are also examined through backward citation searching to identify additional studies that may not have been retrieved by the initial search queries. This supplementary step is particularly useful for identifying methodological studies on explanation faithfulness and counterfactual evaluation that were originally developed for language models but may inform the evaluation of multimodal explanations.

The search is intended to cover both conceptual contributions and empirical evaluations. Conceptual studies are considered for their definitions, taxonomies, and methodological recommendations, whereas empirical studies are examined for their evaluation procedures, datasets, metrics, and reported limitations. This distinction helps connect the theoretical foundations of explainability with practical methods for assessing whether an MLLM's explanation corresponds to visual evidence. The resulting literature provides the basis for the analytical classification and comparative assessment presented in this review.

2.2. Study Selection Criteria

The selection process is guided by the central research question: to what extent do explanations generated by multimodal large language models reflect the visual evidence available in their input images? Accordingly, studies are considered relevant when they address one or more of the following

© 2026 ISARC Academy

areas: explainability or interpretability in MLLMs and vision-language models; visual grounding and image-region attribution; the generation and evaluation of natural-language explanations; hallucination detection in image-conditioned outputs; or the assessment of explanation faithfulness through input perturbations and counterfactual interventions.

Particular attention is given to studies that evaluate the relationship between individual textual claims and image content. Such studies may examine whether mentioned objects are present, whether their attributes are correctly described, whether relationships between entities are supported by the scene, or whether specific image regions provide evidence for a generated claim. Research investigating whether explicit object grounding reduces hallucination is also relevant. For example, Geigle et al. (2024) examined the effect of fine-grained object grounding on hallucination in open-ended image caption generation and reported that grounding objectives had little to no effect under their experimental evaluation protocol. This finding illustrates why the presence of grounding mechanisms cannot, by itself, be treated as sufficient evidence of reliable explanations. Studies investigating counterfactual or perturbation-based evaluation are included when they provide methods for examining whether model outputs respond to changes in relevant input information. Research on language-only models may also be considered when it establishes evaluation principles that can be transferred to multimodal settings. For example, Jacovi and Goldberg (2020) discuss the definition and evaluation of faithfulness, while Lyu et al. (2024) review several families of faithful explanation methods, including approaches based on model-internal structures, backpropagation, counterfactual interventions, and self-explanatory models. Such studies provide methodological foundations, although their findings are not automatically assumed to generalize to MLLMs. Studies are excluded when they do not substantially address the review's research question, do not provide sufficient methodological information for meaningful analysis, or focus on model performance without examining explainability, visual evidence, hallucination, or explanation reliability. Research that evaluates only conventional task accuracy is not treated as direct evidence of explanation faithfulness, although it may be considered when it provides a relevant baseline for interpreting evidence-grounded evaluation results. Similarly, studies that examine attention or image-region localization without assessing the relationship between those signals and the generated explanation are interpreted as evidence about localization rather than as definitive demonstrations of faithful reasoning.

The selection criteria are intended to ensure that the reviewed literature contributes to at least one analytical dimension of the proposed framework. They also allow studies with different methodological assumptions to be compared without treating their evaluation outcomes as directly equivalent. Because the selected approaches may use different model architectures, tasks, datasets, and evaluation metrics, their results are interpreted in the context of the methods and experimental conditions reported by the original authors.

2.3. Analytical Framework and Classification

The selected literature is organized according to four complementary dimensions: visual evidence localization, textual explanation generation, evidence–explanation alignment, and faithfulness evaluation through perturbations and counterfactual interventions. These dimensions constitute an analytical framework developed for the present review. They are intended to support a structured comparison of existing methods rather than to establish a universally accepted taxonomy of MLLM explainability.

The first dimension, visual evidence localization, concerns the identification of image regions, objects, or visual features associated with a model's output. Localization methods may produce saliency maps, attribution scores, attention visualizations, bounding boxes, or other region-level representations. These outputs can help identify which parts of an image appear relevant to a prediction. However, spatial correspondence alone does not establish that the localized information is sufficient to support the complete explanation or that the model actually relied on it when generating its answer. The distinction between localization and explanation faithfulness is therefore maintained throughout the analysis.

© 2026 ISARC Academy

The second dimension, textual explanation generation, concerns methods that produce natural-language justifications for model predictions. Such explanations may describe objects and attributes, identify relationships between entities, or provide a narrative connecting the image and question to the final answer. Their readability can make model outputs more accessible to human users. Nevertheless, a fluent explanation may include unsupported claims or provide a plausible justification without faithfully representing the factors influencing the prediction. Accordingly, the analysis considers textual explanations in terms of their content, evidential support, and relationship to model behavior rather than linguistic quality alone.

The third dimension, evidence–explanation alignment, examines whether individual claims in a generated explanation correspond to information that can be verified from the image. For analytical purposes, explanations may be decomposed into claims concerning object identity, attributes, spatial relationships, interactions, and broader scene interpretations. Each claim can then be assessed according to whether it is supported by, contradicted by, or unverifiable from the available visual evidence. This perspective is consistent with research on hallucination in vision-language models, which demonstrates the importance of examining the factual consistency of generated descriptions rather than relying exclusively on overall answer correctness (Bai et al., 2024; Geigle et al., 2024).

The fourth dimension, faithfulness evaluation through perturbations and counterfactual interventions, investigates whether a model's predictions or explanations respond appropriately when relevant visual information is changed. Unlike static evaluations that assess a single image–answer pair, intervention-based approaches examine how outputs vary under controlled modifications of the input. For example, changing a visual attribute that is essential to answering a question can help determine whether the model's response is sensitive to the relevant evidence. However, an observed change or lack of change must be interpreted in relation to the task, the intervention design, and the possibility that other cues remain available. Counterfactual sensitivity therefore provides evidence about behavioral dependence but does not automatically reveal the complete internal reasoning process. In addition to these four dimensions, the review distinguishes three related but separate properties of explanations: plausibility, visual grounding, and explanation faithfulness. Plausibility concerns whether an explanation appears reasonable and coherent to a human reader. Visual grounding concerns whether the explanation's claims are supported by identifiable content in the input image. Explanation faithfulness concerns whether the explanation accurately reflects the factors that influence the model's output. Jacovi and Goldberg (2020) emphasize the need to distinguish faithfulness from other desirable properties of explanations, while Lyu et al. (2024) identify faithfulness as a central criterion for evaluating model explanations. In multimodal settings, this distinction is particularly important because an explanation may refer to objects that are genuinely present in an image without establishing that those objects influenced the model's prediction. To provide a more detailed analysis of visual grounding, the review distinguishes five analytical levels: object-level, attribute-level, relation-level, region-level, and evidence-level grounding. These levels examine different forms of correspondence between textual claims and visual content, ranging from the identification of individual objects to the overall evidential support for an explanation. Table 1 summarizes the focus of each level and the corresponding evaluation question. This classification is a conceptual contribution of the present review and serves as an organizing framework for comparing existing methods.

Table 1. Levels of Visual Evidence Grounding

Grounding level	Focus	Evaluation question
Object-level grounding	Presence and identification of objects	Are the objects mentioned in the explanation present in the image?
Attribute-level grounding	Object properties, such as color, size, appearance, and state	Are the described attributes supported by visible evidence?
Relation-level grounding	Relationships and interactions between objects	Are the stated relationships consistent with the visual scene?

© 2026 ISARC Academy

Region-level grounding	Correspondence between textual claims and specific image regions	Can the claims be associated with relevant image regions?
Evidence-level grounding	Overall support provided by the visual information	Does the available visual evidence support the explanation as a whole?

The four methodological dimensions and the five grounding levels serve complementary purposes. The methodological dimensions organize the types of methods and evaluation strategies examined in the literature, whereas the grounding levels distinguish the aspects of visual evidence that an explanation should address. Together, they provide a structured basis for comparing explanation generation, evidence correspondence, and behavioral faithfulness. This combined framework also helps identify cases in which a method evaluates one aspect of explainability while leaving other aspects unexamined.

2.4. Comparative Analysis Procedure

The selected studies are compared using a common set of analytical criteria designed to capture both their methodological characteristics and their relevance to evidence-grounded explanation evaluation. The comparison considers the model or model family examined, the task and input modalities, the primary explanation method, the representation of visual evidence, the evaluation strategy, the metrics used, and the main limitations reported by the authors. Where applicable, the analysis also records whether a method requires access to internal model information, such as gradients, activations, or attention weights, or can operate through model inputs and outputs alone. The comparison focuses on six evaluation dimensions: answer correctness, visual evidence localization, claim-level grounding, counterfactual sensitivity, explanation faithfulness, and human assessment. Answer correctness establishes whether a response satisfies the task requirements but is not interpreted as proof that the accompanying explanation is evidence-based. Localization evaluates whether relevant image regions are identified, whereas claim-level grounding examines whether individual statements are supported by the image. Counterfactual sensitivity assesses how model outputs respond to controlled changes in relevant visual information. Explanation faithfulness concerns the relationship between an explanation and the factors influencing the model's prediction, while human assessment can provide additional information about clarity, completeness, and perceived evidence correspondence. These dimensions are considered complementary rather than interchangeable. A method may achieve accurate localization without verifying relational claims, or it may generate a coherent explanation without demonstrating that the cited evidence influenced the output. Similarly, a counterfactual intervention may reveal sensitivity to a visual feature without establishing that every statement in the explanation is correct. The comparative procedure therefore avoids interpreting success on a single metric as sufficient evidence of overall explainability. The analysis also examines methodological limitations that affect the interpretation and reproducibility of reported results. These include differences in datasets and annotation schemes, variation in explanation formats, the availability of region-level reference annotations, the design of visual perturbations, and the assumptions underlying individual metrics. In particular, spatial correspondence is distinguished from causal influence, and human judgments of plausibility are distinguished from assessments of visual support and behavioral faithfulness. These distinctions are motivated by the broader literature on faithful explanation evaluation (Jacovi & Goldberg, 2020; Lyu et al., 2024) and by empirical findings showing that explicit object grounding does not necessarily eliminate hallucination in vision-language generation (Geigle et al., 2024). Finally, the comparative analysis synthesizes the strengths and limitations of the identified method families to determine which aspects of evidence-grounded explainability are addressed by existing approaches and which remain insufficiently evaluated. The results of this analysis inform the discussion of research gaps, evaluation challenges, and future directions for developing more reliable explanations in MLLMs. The procedure is qualitative and comparative; it does not assume that scores reported across different datasets, models, or experimental settings are directly comparable.

© 2026 ISARC Academy

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Visual Evidence-Based Explainability in MLLMs

This review organizes research on explanations in multimodal large language models (MLLMs) into four complementary dimensions: visual evidence localization, textual explanation generation, evidence–explanation alignment, and faithfulness through perturbation and counterfactual evaluation. This four-dimensional framework is a conceptual synthesis developed for the present review rather than an established or experimentally validated taxonomy. The dimensions address different aspects of explanation quality, from identifying potentially relevant visual information to determining whether generated explanations are supported by the image and whether model predictions respond appropriately to changes in relevant evidence. This distinction is important because an explanation may be visually plausible without accurately representing the evidence underlying a prediction. Previous research on vision-language model hallucinations and explanation faithfulness has similarly highlighted the limitations of evaluating model outputs solely through surface-level plausibility or answer accuracy (Qiu et al., 2024; Lyu et al., 2024).

3.1.1. Visual Evidence Localization

Visual evidence localization methods aim to identify the image regions, objects, or visual features associated with a model's output. These methods can help investigate which parts of an image appear relevant to a prediction and whether the model's response is associated with semantically meaningful visual content. Common approaches include saliency maps, gradient-based attribution, attention visualizations, perturbation-based attribution, and region-level grounding. For example, Selvaraju et al. (2017) introduced Grad-CAM, which uses gradients flowing into convolutional layers to produce coarse localization maps highlighting image regions important to a target prediction. Although originally developed for convolutional neural networks, gradient-based localization provides a useful methodological foundation for interpreting visual model outputs. In multimodal settings, localization can also be examined through the correspondence between image regions and textual concepts. Region-level grounding methods seek to associate words or phrases with the visual content to which they refer. Geigle et al. (2024) investigated whether fine-grained object grounding objectives reduce hallucinations in large vision-language models. Their experiments showed that such objectives had little to no effect on object hallucination in open-ended caption generation under their evaluation protocol, demonstrating that explicit grounding does not automatically guarantee reliable descriptions. Despite their usefulness, localization methods have important limitations. A region receiving a high attribution score may be associated with a prediction without providing sufficient evidence to justify the corresponding explanation. Similarly, attention visualizations should not automatically be interpreted as causal explanations of model behavior. Jain and Wallace (2019) demonstrated that attention weights in neural NLP models may not reliably represent feature importance and that substantially different attention distributions can produce equivalent predictions. Although this study concerns NLP models rather than MLLMs specifically, it illustrates a broader methodological concern: visualization alone is insufficient to establish explanation faithfulness. Accordingly, visual evidence localization should be assessed alongside complementary grounding and intervention-based evaluations (Geigle et al., 2024).

3.1.2. Textual Explanation Generation

Textual explanation generation methods produce natural-language justifications for model predictions. In MLLMs, these explanations may identify relevant objects, describe visual attributes, establish relationships between entities, or present a sequence of reasoning steps connecting the input image and question to the final answer. Their principal advantage is accessibility: users can interpret a natural-language explanation without having to understand technical visualizations or attribution scores. This makes textual explanations particularly useful for communicating model outputs and examining whether the stated justification is consistent with the task and available evidence. However, the generation of a coherent explanation does not necessarily demonstrate that the explanation faithfully represents the

© 2026 ISARC Academy

factors responsible for the prediction. Lyu et al. (2024) reviewed more than 110 explanation methods in natural language processing and emphasized faithfulness as a central criterion for evaluating explanations. Similarly, Madsen et al. (2024) investigated the faithfulness of self-explanations generated by large language models using self-consistency tests. Their findings showed that faithfulness varies across models, tasks, and explanation methods, indicating that model-generated justifications should not be trusted solely because they appear reasonable. These concerns extend to MLLMs, where generated explanations may introduce objects that are absent from an image, assign incorrect attributes, or describe unsupported relationships. Qiu et al. (2024) addressed this problem through VALOR-EVAL, a framework that evaluates large vision-language model outputs across objects, attributes, and relations while considering both faithfulness and coverage. Their work highlights the importance of evaluating the factual content of generated descriptions rather than relying exclusively on their linguistic quality.

Consequently, textual explanation generation should be examined in terms of both communicative usefulness and evidential reliability. Fluency, coherence, and perceived reasonableness may indicate that an explanation is easy to understand, but they do not establish that its claims are supported by the image or that it accurately reflects the factors influencing the model's prediction. This distinction motivates the use of evidence–explanation alignment and counterfactual evaluation as complementary dimensions of visual explainability.

3.1.3. Evidence-Explanation Alignment

Evidence–explanation alignment examines whether the claims expressed in a textual explanation correspond to the visual information available in the input image. Unlike methods that focus primarily on locating influential image regions or generating natural-language justifications, this dimension explicitly evaluates the relationship between what an explanation states and what the image supports. It therefore connects linguistic analysis with visual grounding and provides a basis for identifying unsupported claims in MLLM-generated explanations. A practical approach is to decompose an explanation into individual claims concerning object identities, attributes, and relationships. Each claim can then be evaluated according to whether it is supported by the image, contradicted by the available evidence, or not verifiable from the image alone. This claim-level analysis is consistent with the evaluation perspective adopted by Qiu et al. (2024), whose VALOR-EVAL framework considers objects, attributes, and relations when assessing hallucination, faithfulness, and coverage in large vision-language models. Their work demonstrates the value of moving beyond evaluations that focus exclusively on object-level errors. Geigle et al. (2024) further examined the relationship between object grounding and hallucination, showing that grounding objectives alone do not necessarily eliminate unsupported content in generated captions. Their findings reinforce the distinction between identifying a visual entity and establishing that an entire textual description is supported by the image. An explanation may mention objects that are genuinely present while still making incorrect claims about their attributes, interactions, or significance for the answer. Nevertheless, evidence–explanation alignment has methodological challenges. Images may contain ambiguous or partially visible objects, and some textual claims may require contextual information that cannot be verified from the image alone. Furthermore, a claim that is visually supported is not necessarily the reason the model selected a particular answer. Reliable evaluation therefore requires clear annotation criteria and procedures that distinguish direct visual support from plausible but unverified inference. Evidence–explanation alignment should consequently be treated as a distinct dimension of explanation quality rather than as a complete measure of causal or decision-level faithfulness.

3.1.4. Faithfulness through Perturbation and Counterfactual Evaluation

Perturbation-based methods investigate how a model's predictions or explanations change when selected parts of the input are modified, removed, or replaced. Counterfactual evaluation extends this approach by constructing alternative inputs in which a relevant feature is changed while other aspects of the original input are preserved as much as possible. These methods help investigate whether the

© 2026 ISARC Academy

information identified in an explanation is functionally relevant to the model's prediction rather than merely associated with it. Atanasova et al. (2023) proposed faithfulness tests for natural-language explanations using counterfactual input editing and input reconstruction. Their approach examines whether factors mentioned in an explanation are consistent with changes in the model's predictions. In a related study, Siegel et al. (2024) introduced the Correlational Counterfactual Test (CCT), which evaluates how changes to input factors relate to changes in the model's predicted label distribution. Although these studies focus on language models rather than visual evidence specifically, they provide methodological foundations for evaluating whether explanations identify factors that influence model outputs. In multimodal settings, counterfactual evaluation can directly manipulate visual evidence. For example, if a question depends on an object's color, changing that color while preserving other relevant features should affect the answer when color is essential to the task. If the model produces the same answer despite a decisive change in the visual evidence, this may indicate that the model is insensitive to the relevant visual cue or relies on contextual associations. Such an outcome does not, by itself, prove that the model ignored the image; the modification must be appropriate to the task, and alternative explanations for the unchanged answer must also be considered. Yu et al. (2025) introduced VFaith, a framework for investigating whether multimodal large language models genuinely rely on visual cues when performing reasoning tasks. The authors developed a controllable image-editing pipeline and the VFaith-Bench benchmark, which includes question–answer pairs created by modifying visual details that are important for solving the original questions. By comparing model performance before and after these modifications, the framework examines the relationship between visual perception and reasoning performance. This work illustrates how controlled visual changes can provide evidence about visual faithfulness that static input–output evaluations may not reveal. Nevertheless, counterfactual evaluation also has limitations. Image editing may unintentionally alter contextual information, introduce visual artifacts, or produce images that differ in more ways than the intended target feature. In addition, an answer may remain unchanged because the altered feature was not necessary for the task, rather than because the model ignored the visual input. Accordingly, reliable counterfactual evaluation requires carefully controlled modifications, clearly defined task dependencies, and appropriate comparison conditions. Combining these tests with visual localization and claim-level alignment can provide a more comprehensive assessment of whether MLLM explanations are supported by visual evidence and consistent with the model's responses to relevant changes in that evidence.

3.2. Comparative Overview of Explanation Method Families

Existing explainability approaches differ in the type of information they expose, the form of explanation they produce, and the extent to which they evaluate the relationship between an explanation and the model's output. For this reason, comparing methods requires distinguishing between approaches that identify potentially relevant visual information, approaches that generate textual justifications, and approaches that directly evaluate explanation reliability.

Table 2 summarizes the principal method families considered in this review. The comparison focuses on their objectives, typical outputs, strengths, and limitations in the context of evidence-grounded explainability.

Table 2. Comparison of Explainability Methods for Multimodal Large Language Models

Method family	Primary objective	Typical output	Main strength	Main limitation
Saliency and attribution	Identify influential image regions	Heatmap or region scores	Provides spatially interpretable information	Importance does not necessarily imply causal faithfulness
Attention-based explanation	Visualize attention or cross-modal interactions	Attention maps or token-region links	Can expose aspects of model interaction	Attention weights alone may not explain the final decision

© 2026 ISARC Academy

Textual justification	Explain a prediction in natural language	Sentence or reasoning narrative	Human-readable and accessible	May be plausible but unsupported by visual evidence
Region-level grounding	Associate language with image regions	Bounding boxes, masks, or region references	Supports claim-level visual verification	Correct localization does not establish full explanation faithfulness
Perturbation-based evaluation	Test sensitivity to changes in input evidence	Output differences or attribution scores	Enables controlled behavioral analysis	Results depend on the perturbation and evaluation design
Counterfactual evaluation	Determine whether relevant evidence changes affect predictions	Answer and explanation comparisons	Tests dependence on selected visual cues	Counterfactual construction may introduce unintended changes
Human evaluation	Assess explanation quality and evidence correspondence	Human ratings or annotations	Captures semantic relevance and practical usefulness	Can be subjective, costly, and difficult to reproduce

The table highlights an important methodological distinction: generating an explanation, localizing evidence, and verifying faithfulness are different but complementary tasks. Explanation generation focuses on producing a natural-language justification for a model's prediction, whereas evidence localization identifies the image regions or visual features associated with that prediction. Faithfulness evaluation, in contrast, examines whether the generated explanation accurately reflects the relevant evidence and whether the model's output responds appropriately to changes in that evidence. These tasks address different aspects of explainability and should therefore not be treated as interchangeable measures of explanation quality. A system may generate fluent and coherent explanations while failing to ground its claims in the image, or it may correctly localize relevant objects without establishing that the overall explanation is faithful to the model's decision process. Similarly, an explanation may correspond to visible image content without demonstrating that the identified evidence actually influenced the prediction. Consequently, a comprehensive evaluation of explainability in multimodal large language models (MLLMs) should combine visual grounding, textual analysis, and perturbation-based or counterfactual evaluation to assess the relationship between generated explanations, visual evidence, and model behavior.

3.3. Evaluation of Evidence-Grounded Explanations

A central challenge in evaluating explainability in multimodal large language models (MLLMs) is determining what constitutes a successful explanation. Conventional task accuracy measures whether a model produces the correct final answer, but it does not establish whether the explanation is supported by the input image or whether the visual evidence meaningfully contributes to the prediction. A model may generate a correct answer based on learned associations or contextual priors while providing an explanation that contains unsupported visual claims. Conversely, an incorrect answer may be accompanied by a fluent explanation that appears plausible but misrepresents the available evidence. Research on hallucination in large vision-language models demonstrates why evaluating the consistency between generated descriptions and image content is an important part of model assessment (Li et al., 2023).

Consequently, evaluating evidence-grounded explanations requires a multidimensional protocol rather than reliance on a single performance metric. In particular, answer correctness, evidence localization, claim-level grounding, counterfactual sensitivity, explanation faithfulness, and human assessment capture different properties of model behavior. Although these dimensions are related, success in one dimension does not necessarily imply success in the others. For example, correctly identifying an object does not guarantee that the model accurately describes its attributes or relationships, while locating a relevant image region does not establish that the complete explanation faithfully reflects the factors underlying the prediction (Jacovi & Goldberg, 2020; Lyu et al., 2024).

© 2026 ISARC Academy

3.3.1. Answer Correctness

Answer correctness measures whether the model's response matches the reference answer or satisfies the evaluation criteria defined for a particular task. Depending on the application, this dimension can be assessed using exact-match accuracy, classification accuracy, task-specific scores, or human-verified answer correctness. In visual question answering, for example, an answer may be evaluated according to its agreement with reference responses, whereas structured recognition tasks may require predefined class labels. Although answer correctness is essential for determining whether an MLLM completes a task successfully, it provides limited information about the quality of its explanation. A correct response may be supported by relevant visual evidence, but it may also result from language-based priors, memorized associations, or contextual shortcuts. Similarly, an incorrect answer does not necessarily indicate that every statement in the accompanying explanation is unsupported. These possibilities make it important to evaluate the answer and its justification separately. Hallucination benchmarks such as POPE investigate whether large vision-language models generate objects that are inconsistent with the input image, illustrating that conventional task performance alone cannot fully characterize the reliability of multimodal outputs (Li et al., 2023). Accordingly, answer correctness should be treated as a foundational evaluation dimension rather than a comprehensive measure of evidence-grounded explainability.

3.3.2. Evidence Localization Quality

Evidence localization quality evaluates whether the image regions identified by a model or an explanation method correspond to visual information relevant to the generated answer or explanation. Depending on the task and the availability of region-level annotations, localization can be assessed using intersection over union (IoU), pointing-game accuracy, or region-level precision and recall. IoU measures the spatial overlap between a predicted region and a reference region, while precision and recall characterize the accuracy and coverage of the identified evidence. Pointing-based evaluations examine whether the most salient or highly scored image location falls within a relevant annotated region.

For MLLMs, localization may involve identifying the objects, attributes, or spatial relationships that support a particular textual claim. For instance, when explaining why a person is riding a bicycle, a localization method should identify relevant visual evidence for the person, the bicycle, and their interaction rather than highlighting an unrelated region of the image. Such evaluation can help determine whether an explanation is associated with appropriate visual content. However, localization metrics have important limitations. A model may highlight the correct object without accurately describing its attributes, interpreting its relationship with other objects, or explaining why the evidence supports the answer. Moreover, a spatially accurate region does not necessarily demonstrate that the model actually relied on that region when generating its response. Therefore, localization quality should be evaluated alongside semantic grounding and explanation faithfulness, rather than interpreted as direct evidence that the explanation faithfully represents the model's decision process (Jacovi & Goldberg, 2020; Dang et al., 2024).

3.3.3. Claim-Level Grounding

Claim-level grounding examines individual factual statements within a generated explanation and determines whether each statement is supported by the available visual evidence. Instead of treating an explanation as a single unit, this approach decomposes it into smaller claims that can be evaluated independently. Each claim can be categorized as supported, contradicted, or unverifiable based on the image and any explicitly permitted contextual information. For example, an explanation stating that “a brown dog is running across a grassy field” contains several distinct claims: the presence of a dog, its color, its action, and the surrounding environment. The image may support the presence of the dog and the grassy field while providing insufficient evidence for the stated color or action. Evaluating these claims separately makes it possible to identify partial grounding failures that an overall explanation

© 2026 ISARC Academy

score might conceal. This distinction is particularly important for MLLMs because hallucinations may concern object existence, attributes, or relationships rather than the entire description. Research on object hallucination in large vision-language models provides a foundation for evaluating whether generated content is consistent with image evidence (Li et al., 2023). However, claim-level evaluation also presents challenges. Some statements depend on temporal, causal, or contextual information that cannot be established from a static image alone. In such cases, the absence of visible evidence should not automatically be interpreted as evidence that a claim is false. A reliable evaluation protocol should therefore distinguish between claims contradicted by the image, claims supported by identifiable visual evidence, and claims that cannot be verified from the available information. This distinction can provide a more fine-grained assessment of evidence–explanation alignment and help identify explanations that combine accurate observations with unsupported inferences.

3.3.4. Counterfactual Sensitivity

Counterfactual sensitivity evaluates whether a model's predictions and explanations change appropriately when relevant visual evidence is modified. Unlike static evaluation, which examines an explanation for a single image, counterfactual evaluation investigates the relationship between changes in the input and changes in the model's output. A strong evaluation protocol should distinguish between relevant and irrelevant modifications. For example, removing an object that is essential to answering a question should generally affect the answer or the explanation of the relevant relationship. In contrast, modifying an unrelated background region should not necessarily change the response. These comparisons help assess whether the model is sensitive to task-relevant visual information rather than relying predominantly on contextual associations or previously learned patterns. The VFaith benchmark provides a relevant example of this approach. Yu et al. (2025) introduce controlled visual-cue editing and compare model performance across images in which cues essential to solving a reasoning problem have been changed. This enables the evaluation of whether model responses reflect changes in visual evidence and provides a way to investigate the visual faithfulness of multimodal reasoning. Nevertheless, counterfactual sensitivity should not be interpreted as a definitive measure of explanation faithfulness. Removing or modifying an image region can introduce distribution shifts, alter several visual properties simultaneously, or create an unrealistic scene. Furthermore, an unchanged answer may sometimes be justified if alternative evidence remains available.

Consequently, counterfactual evaluation should use carefully controlled modifications, distinguish task-relevant from irrelevant changes, and examine both answer consistency and changes in the explanation. These considerations are important for determining whether an observed response reflects meaningful evidence sensitivity rather than an incidental effect of image manipulation (Yu et al., 2025).

3.3.5. Explanation Faithfulness

Explanation faithfulness concerns the extent to which an explanation accurately reflects the factors that influence a model's prediction. It differs from visual grounding, which focuses on whether the explanation is supported by the image. An explanation can describe the image accurately while failing to reveal which information actually influenced the model's answer. Conversely, an explanation may refer to factors that influence the prediction but describe them incompletely or ambiguously. Jacovi and Goldberg (2020) emphasize the importance of distinguishing faithfulness from plausibility in the evaluation of explanations. A justification that aligns with human expectations is not necessarily a faithful representation of a model's behavior. Similarly, Lyu et al. (2024) identify faithfulness as a central principle in model explanation research and discuss the limitations of evaluation approaches that conflate human-perceived plausibility with faithfulness. In MLLMs, perturbation-based and intervention-based approaches can provide evidence about faithfulness by examining how predictions respond when selected visual or textual inputs are modified. For example, if an explanation identifies a particular object as essential to the answer, removing or altering that object can help determine whether the prediction changes consistently with the explanation. However, such tests do not automatically

© 2026 ISARC Academy

reveal the model's complete internal reasoning process. Their interpretation depends on the intervention design, the assumptions about feature relevance, and whether the resulting inputs remain meaningful. It is therefore useful to distinguish three related evaluation questions: whether an explanation is supported by visual evidence, whether it identifies information relevant to the model's output, and whether it faithfully represents the factors influencing that output. These questions overlap, but none can be fully answered by the others. A comprehensive evaluation should combine complementary tests and explicitly state what each metric measures, avoiding claims that a single score establishes overall explanation faithfulness (Jacovi & Goldberg, 2020; Lyu et al., 2024).

3.3.6. Human Assessment

Human assessment can complement automated evaluation by examining whether explanations are understandable, sufficiently complete, relevant to the question, and consistent with the visual evidence. Human evaluators can assess whether a generated explanation identifies the important objects and relationships, communicates the supporting evidence clearly, and avoids unsupported or ambiguous statements. This is particularly useful when explanations contain complex relationships or contextual claims that are difficult to capture with a single automatic metric. However, human evaluation should distinguish between plausibility, clarity, and evidence correspondence. An explanation may be fluent and convincing without being adequately grounded in the image. Likewise, an explanation that accurately identifies visual evidence may be difficult to understand or incomplete. Human preference ratings alone therefore cannot establish whether an explanation faithfully reflects the model's behavior. This limitation is consistent with the distinction between plausibility and faithfulness discussed by Jacovi and Goldberg (2020) and Lyu et al. (2024). A more informative human evaluation protocol can ask annotators to assess several dimensions separately: whether each factual claim is supported by the image, whether relevant evidence has been omitted, whether any claims contradict the image, and whether the explanation is understandable. Annotators should also be able to label claims as unverifiable rather than being forced to classify every statement as either correct or incorrect. Where feasible, multiple annotators and clearly defined annotation guidelines can improve consistency, while reporting inter-annotator agreement can help characterize the reliability of the judgments. Human assessment should consequently be used as a complementary component of evidence-grounded explanation evaluation, rather than as a substitute for localization, claim-level grounding, or counterfactual tests.

3.4. Limitations and Evaluation Challenges

Despite progress in explainability and visual grounding, several challenges remain in determining whether explanations generated by MLLMs genuinely reflect visual evidence. The literature reveals limitations related to the assessment of plausibility, the interpretation of correct answers, the granularity of grounding, the comparability of evaluation protocols, the distinction between visual correspondence and causal influence, and the reproducibility of evaluation methods.

3.4.1. Plausibility Is Not Equivalent to Faithfulness

Natural-language explanations can be coherent and persuasive without accurately representing the factors that influenced a prediction. Human preference or readability scores may therefore overestimate explanation reliability when visual support and behavioral faithfulness are not evaluated separately. This concern is consistent with the distinction between plausibility and faithfulness discussed by Jacovi and Goldberg (2020) and Lyu et al. (2024). Evaluation protocols should consequently report linguistic quality, visual grounding, and faithfulness as separate dimensions.

© 2026 ISARC Academy

3.4.2. Correct Answers Do Not Guarantee Evidence-Based Reasoning

An MLLM may produce the correct answer by relying on learned associations, contextual cues, or prior knowledge rather than the relevant image information. Static evaluations that measure only answer correctness cannot reliably distinguish evidence-based reasoning from responses that happen to be correct. Controlled visual modifications, such as those investigated by Yu et al. (2025), offer a way to examine whether a model's answer changes when task-relevant visual evidence changes. However, the resulting evidence depends on the quality of the intervention and the assumptions underlying the task.

3.4.3. Object-Level Grounding Does Not Guarantee Relational Faithfulness

Correctly identifying objects is only one aspect of visual understanding. An explanation may recognize two people but incorrectly describe which person is holding an object or how two entities interact. Object-level evaluation may fail to detect these errors when it does not examine attributes and relationships. Geigle et al. (2024) further demonstrate that object grounding alone does not necessarily eliminate hallucination in open-ended caption generation. More comprehensive evaluation should therefore distinguish object, attribute, and relation claims.

3.4.4. Lack of Unified Evaluation Protocols

Studies may differ in their datasets, model architectures, annotation strategies, explanation formats, and evaluation metrics. These differences make direct comparisons difficult and can lead to inconsistent interpretations of explanation reliability. A reproducible evaluation protocol should document the model, task, input representation, explanation format, reference annotations, perturbation strategy, and metric definitions. It should also specify whether each metric measures answer accuracy, spatial correspondence, factual support, or behavioral faithfulness.

3.4.5. Limited Separation of Grounding and Causal Evidence

An explanation may refer to a relevant image region without demonstrating that this region influenced the model's prediction. Conversely, information may affect a model's output even if it is not explicitly mentioned in the generated explanation. Spatial grounding and behavioral influence therefore represent related but distinct evaluation questions. Controlled interventions can help investigate this distinction, but causal conclusions require carefully designed modifications and consideration of alternative evidence. Evaluation reports should avoid interpreting visual correspondence alone as proof of causal faithfulness.

3.4.6. Reproducibility and Model Accessibility

Explainability methods differ in their access requirements. Some rely on internal model information, including gradients, activations, or attention weights, whereas others can be applied through model inputs and outputs. These differences influence reproducibility, computational cost, and the range of systems that can be evaluated. Studies should clearly state whether their methods are model-specific or model-agnostic, what access permissions they require, and whether the evaluation depends on an external model or annotator. Reporting these details is necessary for meaningful comparisons across MLLM families. Taken together, these limitations suggest that no single evaluation procedure can fully establish whether an MLLM explanation is reliable. Stronger evaluation requires combining visual correspondence, claim-level verification, and behavioral tests while clearly documenting the assumptions, limitations, and access requirements of each method.

© 2026 ISARC Academy

3.5. Future Research Directions

The limitations identified in the reviewed literature indicate several directions for improving the evaluation of evidence-grounded explanations in MLLMs. Future research should prioritize evaluation protocols that jointly examine answer correctness, visual evidence, explanation content, and model behavior rather than relying on a single measure of performance.

First, future benchmarks should integrate answer correctness, region-level localization, claim-level grounding, and counterfactual sensitivity within a unified evaluation framework. Such benchmarks would make it possible to distinguish models that answer correctly from those that also provide explanations supported by the image. Reporting these dimensions separately would help identify whether an observed failure originates in perception, explanation generation, evidence alignment, or behavioral sensitivity.

Second, evaluation should extend beyond object identification to include attributes, spatial relations, interactions, and multi-step visual reasoning. A model may identify all relevant objects yet fail to describe their relationships accurately. Claim-level annotations and relation-sensitive metrics could provide a more detailed assessment of whether the generated explanation reflects the structure of the visual scene.

Third, future studies should investigate explanation consistency under both relevant and irrelevant image modifications. An explanation should respond appropriately when decisive evidence changes while remaining reasonably stable when irrelevant details are modified. This requires controlled interventions that preserve unrelated visual information and clearly distinguish task-relevant changes from changes that should not affect the answer.

Fourth, model-generated explanations should not be evaluated exclusively through model-generated judgments of their own quality. Independent evaluators, human annotations, reference evidence, and controlled interventions can provide complementary forms of assessment. Future benchmarks should explicitly document the role of automated evaluators and examine whether their judgments agree with evidence-based human assessments.

Fifth, explanations could explicitly distinguish directly observed visual information from inferred conclusions. For example, a system could identify the objects and relationships visibly supported by an image before presenting a higher-level interpretation. Such a representation may help users determine which parts of an explanation are directly verifiable and which depend on contextual assumptions. Future work should investigate whether this separation improves claim-level verification and reduces unsupported assertions.

Finally, reproducibility should be treated as a central design consideration. Researchers should report model versions, prompts, datasets, annotation procedures, metric definitions, and intervention settings in sufficient detail to support independent replication. Evaluations should also state whether a method requires access to internal model components or can operate with black-box inputs and outputs. These practices would facilitate comparisons across model families and clarify the conditions under which reported conclusions are valid. Overall, future research should move toward multidimensional evaluation frameworks that combine visual grounding, claim-level support, and behavioral faithfulness. Such frameworks would provide a stronger basis for determining not only whether an MLLM generates a plausible explanation, but also whether that explanation is supported by visual evidence and responds appropriately when the evidence changes.

4. CONCLUSION

Explainability in Multimodal Large Language Models (MLLMs) requires more than generating fluent and plausible textual explanations. Although an explanation may appear coherent and refer to objects that are present in an image, these properties alone do not establish whether its claims are supported by visual evidence or whether it faithfully reflects the factors influencing the model's output. This review has examined visual evidence-based explainability in MLLMs by considering the relationship between

© 2026 ISARC Academy

explanation content, visual grounding, and model behavior. The review organizes the literature around four complementary methodological dimensions: visual evidence localization, textual explanation generation, evidence–explanation alignment, and faithfulness evaluation through perturbations and counterfactual interventions. These dimensions capture different aspects of explainability and highlight the limitations of evaluating explanations through answer correctness, linguistic quality, or spatial localization alone. In particular, identifying relevant image regions does not necessarily demonstrate that the generated explanation is fully supported by those regions or that the model relied on the corresponding visual information when producing its answer. To support a more systematic comparison of existing approaches, this review also introduces a conceptual classification comprising five levels of visual grounding: object-level, attribute-level, relation-level, region-level, and evidence-level grounding. This classification distinguishes the verification of object presence from the assessment of object properties, relationships, region-specific evidence, and the overall visual support for an explanation. Combined with the four methodological dimensions, these levels provide an analytical basis for identifying which aspects of evidence-grounded explainability are addressed by existing methods and which remain insufficiently evaluated. A central implication of this review is that explanation plausibility, visual grounding, and explanation faithfulness should be treated as related but distinct properties. An explanation can be linguistically convincing without being visually supported, and a claim can correspond to an actual image region without faithfully reflecting the factors that influenced the model's prediction. Consequently, reliable evaluation requires complementary assessments of claim-level evidence, visual correspondence, and behavioral responses to controlled changes in the input. Future research should prioritize multidimensional evaluation benchmarks that combine answer correctness, claim-level grounding, region-level localization, and counterfactual sensitivity. Greater attention should also be given to the evaluation of attributes, spatial relationships, interactions, and complex visual reasoning, as well as to reproducibility and the limitations of automated explanation evaluators. Such efforts could help establish more reliable criteria for determining whether MLLM-generated explanations are supported by visual evidence and remain faithful under relevant changes to that evidence. Overall, this review emphasizes that the quality of an explanation should not be judged solely by how convincing it sounds, but also by what visual evidence supports its claims and how consistently it reflects the model's behavior. The proposed analytical framework offers a structured basis for investigating these questions and for guiding the development of more evidence-grounded and faithfully evaluated explanations in multimodal AI systems.

REFERENCES

Arzhmand, E., Hosseini, F., & Rashid, H. (2025, August). Multimodal Scoring of Website Content Using Vision-Language Models for SEO Objectives. In *2025 International Conference on Artificial Intelligence, Computer, Data Sciences and Applications (ACDSA)* (pp. 1-6). IEEE.

Atanasova, P., Camburu, O.-M., Lioma, C., Lukasiewicz, T., Simonsen, J. G., & Augenstein, I. (2023). Faithfulness tests for natural language explanations. Proceedings of the 61st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 2: Short Papers), 283–294. https://doi.org/10.18653/v1/2023.acl-short.25

Bai, Z., Wang, P., Xiao, T., He, T., Han, Z., Zhang, Z., & Shou, M. Z. (2024). Hallucination of Multimodal Large Language Models: A Survey. https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.18930

Barredo Arrieta, A., Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A., Garcia, S., Gil-Lopez, S., Molina, D., Benjamins, R., Chatila, R., & Herrera, F. (2020). Explainable artificial intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. Information Fusion, 58, 82–115. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.12.012

Dang, Y., Huang, K., Huo, J., Yan, Y., Huang, S., Liu, D., Gao, M., Zhang, J., Qian, C., Wang, K., Liu, Y., Shao, J., Xiong, H., & Hu, X. (2024). Explainable and interpretable multimodal large language models: A comprehensive survey. arXiv. https://arxiv.org/abs/2412.02104

© 2026 ISARC Academy

Geigle, G., Timofte, R., & Glavaš, G. (2024). Does object grounding really reduce hallucination of large vision-language models? Proceedings of the 2024 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, 2728–2742. https://doi.org/10.18653/v1/2024.emnlp-main.159

Jacovi, A., & Goldberg, Y. (2020). Towards faithfully interpretable NLP systems: How should we define and evaluate faithfulness? Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 4198–4205. https://doi.org/10.18653/v1/2020.acl-main.386

Jain, S., & Wallace, B. C. (2019). Attention is not explanation. Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers), 3543–3556. https://doi.org/10.18653/v1/N19-1357

Li, J., Wu, M., Jin, Z., Chen, H., Ji, J., Sun, X., ... & Ji, R. (2025, October). Mihbench: Benchmarking and mitigating multi-image hallucinations in multimodal large language models. In *Proceedings of the 33rd ACM International Conference on Multimedia* (pp. 3143-3152).

Lyu, Q., Apidianaki, M., & Callison-Burch, C. (2024). Towards faithful model explanation in NLP: A survey. Computational Linguistics, 50(2), 657–723. https://doi.org/10.1162/coli_a_00511

Madsen, A., Chandar, S., & Reddy, S. (2024). Are self-explanations from large language models faithful? Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL 2024, 295–337. https://doi.org/10.18653/v1/2024.findings-acl.19

Qiu, H., Hu, W., Dou, Z.-Y., & Peng, N. (2024). VALOR-EVAL: Holistic coverage and faithfulness evaluation of large vision-language models. Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL 2024, 1783–1805. https://doi.org/10.18653/v1/2024.findings-acl.105

Selvaraju, R. R., Cogswell, M., Das, A., Vedantam, R., Parikh, D., & Batra, D. (2017). Grad-CAM: Visual explanations from deep networks via gradient-based localization. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 618–626. https://doi.org/10.1109/ICCV.2017.74

Plüster, B., Ambsdorf, J., Braach, L., Lee, J. H., & Wermter, S. (2022). Harnessing the power of multi-task pretraining for ground-truth level natural language explanations. *arXiv preprint arXiv:2212.04231*.

Shu, D., Zhao, H., Hu, J., Liu, W., Payani, A., Cheng, L., & Du, M. (2025). Large vision-language model alignment and misalignment: A survey through the lens of explainability. Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2025, 1713–1735.

Wu, Q., Yang, X., Zhou, Y., Fang, C., Song, B., Sun, X., & Ji, R. (2026). Grounded chain-of-thought for multimodal large language models. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 33577-33587).

Yu, J., Zhan, Y., Wu, Z., Zhu, Y., Wang, J., & Qiu, M. (2025). VFaith: Do large multimodal models really reason on seen images rather than previous memories? arXiv. https://arxiv.org/abs/2506.11571.

© 2026 ISARC Academy

KIRILGAN BEŞLİ ÜLKELERDE BEŞERİ SERMAYE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Berat HARMAN

Giresun Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, 28200 Merkez, Giresun

ORCID: 0000-0002-0780-6854

ÖZET

Bu çalışma, Kırılgan Beşli ülkelerinde beşerî sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri yaklaşımı çerçevesinde incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın örneklemini Brezilya, Hindistan, Endonezya, Güney Afrika ve Türkiye oluşturmakta ve analizde beşerî sermayenin ekonomik büyüme üzerindeki rolüne odaklanılmaktadır. 2000-2022 dönemi yıllık veriler ile eğitim, sağlık ve göçün ekonomik büyüme üzerindeki rolü incelenmiştir. Teorik çerçeve, beşerî sermaye teorisi, neoklasik büyüme modeli ve içsel büyüme yaklaşımlarına dayandırılmaktadır. Beşerî sermayenin eğitim, bilgi, beceri ve işgücü niteliği yoluyla üretkenliği artırarak ekonomik büyümeyi destekleyebileceği varsayılmaktadır. Bununla birlikte, Kırılgan Beşli ülkelerinin gelişme düzeyleri, demografik yapıları, eğitim sistemlerinin niteliği, işgücü piyasalarının özellikleri ve makroekonomik koşulları birbirinden farklı olduğundan, beşerî sermayenin büyüme üzerindeki etkisinin ülkeler arasında farklılaşabileceği değerlendirilmektedir.

Ampirik analizde ülkelerin ortak şoklardan etkilenebilmesi nedeniyle yatay kesit bağımlılığı dikkate alınmakta ve uygun panel veri yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bu kapsamda öncelikle yatay kesit bağımlılığı testi uygulanmakta, ardından değişkenlerin durağanlık özellikleri ve uzun dönem ilişkileri araştırılmaktadır. Çalışmanın temel amacı, beşerî sermayenin ekonomik büyüme sürecindeki rolünü Kırılgan Beşli ülkeleri özelinde ortaya koymak ve ülkelerin beşerî sermaye politikalarının ekonomik performans açısından önemini değerlendirmektir. Çalışmada ilk olarak yatay kesit bağımlılık incelenmiştir. Pesaran CD testine göre yatay kesit bağımlılık bulunmuştur. Yatay kesit bağımlılığı dikkate alan Çok Değişkenli ADF (MADF) Panel Birim Kök testi ile panel birim kökleri incelenmiştir. Bütün değerleri birinci farkta durağan bulunmuştur. Kırılgan Beşli ülkeleri açısından uzun dönem ilişkisi Westerlund Panel Eşbütünleşme Testi yapılmış, bulguları, kamu eğitim harcamaları, kamu sağlık harcamaları ve net göçün ekonomik büyüme arasında uzun dönemli ilişkinin bazı ülkelerde bulunabileceğini, ancak beş ülkenin tamamı için güçlü ve tutarlı bir eşbütünleşme kanıtı elde edilemediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Beşerî Sermaye, Ekonomik Büyüme, Kırılgan Beşli, Panel Veri Analizi, Eğitim.

THE RELATIONSHIP BETWEEN HUMAN CAPITAL AND ECONOMIC GROWTH IN THE FRAGILE FIVE COUNTRIES

ABSTRACT

This study aims to examine the relationship between human capital and economic growth in the Fragile Five countries using a panel data approach. The sample comprises Brazil, India, Indonesia, South Africa and Turkey, and the analysis focuses on the role of human capital in economic growth. The role of education, health and migration in economic growth was examined using annual data from the period 2000–2022. The theoretical framework is based on human capital theory, the neoclassical growth model and endogenous growth approaches. It is assumed that human capital can support economic growth by increasing productivity through education, knowledge, skills and labour force quality. However, as the Fragile Five countries differ in terms of their levels of development, demographic structures, the quality of their education systems, the characteristics of their labour markets and macroeconomic conditions, it is assessed that the impact of human capital on growth may vary across countries.

© 2026 ISARC Academy

In the empirical analysis, cross-sectional dependence is taken into account—as countries may be affected by common shocks—and appropriate panel data methods are utilised. In this context, a cross-sectional dependence test is first applied, followed by an examination of the stationarity properties and long-run relationships of the variables. The primary objective of the study is to elucidate the role of human capital in the economic growth process, specifically within the Fragile Five countries, and to assess the importance of countries' human capital policies in terms of economic performance. The study first examined cross-sectional dependence. Cross-sectional dependence was found according to the Pesaran CD test. Panel unit roots were examined using the Multivariate ADF (MADF) Panel Unit Root test, which takes cross-sectional dependence into account. All variables were found to be stationary at the first difference. With regard to the Fragile Five countries, a Westerlund Panel Cointegration Test was conducted to examine the long-run relationship. The findings indicate that a long-run relationship between public education expenditure, public health expenditure and net migration on the one hand, and economic growth on the other, may exist in some countries; however, no strong and consistent evidence of cointegration was obtained for all five countries.

Keywords: Human Capital, Economic Growth, Fragile Five, Panel Data Analysis, Education.

1. Giriş

Ekonomik büyüme, ülkelerin üretim kapasitelerinin genişlemesi, kişi başına düşen gelirin artması ve ekonomik refahın sürdürülebilir biçimde geliştirilmesi açısından temel makroekonomik göstergelerden biridir. Geleneksel büyüme yaklaşımlarında fiziksel sermaye birikimi, emek ve teknolojik gelişme ekonomik büyümenin temel belirleyicileri olarak ele alınırken, zaman içerisinde bilgi, eğitim, sağlık ve işgücü niteliği gibi unsurların da büyüme sürecindeki rolü daha fazla önem kazanmıştır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyümenin yalnızca sermaye birikimi ve doğal kaynakların kullanımına dayandırılması, ülkeler arasındaki gelir ve üretkenlik farklılıklarının açıklanmasında yetersiz kalabilmektedir. Bu çerçevede beşerî sermaye, ekonomik büyümenin kaynaklarını ve sürdürülebilirliğini açıklayan temel kavramlardan biri hâline gelmiştir (Schultz, 1961; Becker, 1964; Lucas, 1988).

Beşerî sermaye, bireylerin eğitim, sağlık, bilgi, beceri ve deneyim yoluyla kazandıkları ve üretim sürecindeki verimliliklerini artıran niteliklerin bütünü olarak tanımlanabilir. Schultz (1961), eğitim ve sağlık başta olmak üzere insanın üretken kapasitesini geliştiren faaliyetleri birer yatırım olarak değerlendirmiştir. Becker (1964) ise eğitimin ve mesleki yetiştirmenin bireysel üretkenlik ile gelir düzeyi üzerindeki etkilerini beşerî sermaye yaklaşımı çerçevesinde açıklamıştır. Bu yaklaşımlara göre eğitim ve sağlık harcamaları yalnızca mevcut tüketim ihtiyaçlarını karşılayan harcamalar değildir; aynı zamanda gelecekteki üretim kapasitesini ve ekonomik refahı geliştirebilecek yatırımlardır. Dolayısıyla beşerî sermaye, ekonomik büyümenin hem doğrudan üretim faktörlerinden biri hem de teknolojik gelişme ve kaynak kullanım etkinliği üzerinde etkili olan tamamlayıcı bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Beşerî sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, neoklasik büyüme teorisi ve içsel büyüme teorisi kapsamında farklı boyutlarıyla ele alınmaktadır. Solow (1956), ekonomik büyümeyi fiziksel sermaye birikimi, emek ve teknolojik gelişme üzerinden açıklarken, Mankiw, Romer ve Weil (1992) neoklasik büyüme modelini beşerî sermaye birikimini de kapsayacak şekilde genişletmiştir. Genişletilmiş Solow modeli, beşerî sermayenin üretim sürecine dâhil edilmesinin ülkeler arasındaki kişi başına gelir farklılıklarının açıklanmasına katkı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Lucas (1988) ise beşerî sermaye birikiminin yalnızca bireysel üretkenliği değil, bilgi paylaşımı ve öğrenme süreçleri aracılığıyla ekonominin genel üretim kapasitesini de artırabileceğini savunmuştur. Romer (1990) tarafından geliştirilen içsel teknolojik gelişme yaklaşımı da bilgi üretimi ve yenilikçilik faaliyetlerinin uzun dönemli ekonomik büyümenin temel kaynakları arasında bulunduğunu vurgulamaktadır. Bu teorik çerçeve, beşerî sermaye yatırımlarının üretkenliği artırmanın yanı sıra teknolojik yeniliklerin benimsenmesini ve ekonomik dönüşümün hızlanmasını da destekleyebileceğine işaret etmektedir.

© 2026 ISARC Academy

Beşerî sermayenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin incelenmesinde eğitimin yanı sıra sağlık faktörünün de dikkate alınması gerekmektedir. Eğitim, bireylerin bilgi ve beceri düzeylerini geliştirerek üretim süreçlerinde daha nitelikli görevler üstlenmelerini ve teknolojik gelişmelere daha kolay uyum sağlamalarını mümkün kılmaktadır. Sağlık ise bireylerin çalışma kapasitesini, işgücüne katılımını ve yaşam boyunca üretken kalabilme imkânlarını etkileyebilmektedir. Schultz (1999), eğitim ve sağlık yatırımlarının üretkenlik ve ekonomik büyümeyle ilişkisini değerlendirirken bu iki unsurun beşerî sermayenin tamamlayıcı bileşenleri olduğunu vurgulamaktadır. Benzer şekilde Bloom, Canning ve Sevilla (2004), sağlık göstergelerindeki iyileşmelerin işgücü verimliliği ve ekonomik performans açısından önemli sonuçlar doğurabileceğini ortaya koymuştur. Bu nedenle beşerî sermayenin yalnızca eğitim düzeyi veya okullaşma oranları üzerinden değerlendirilmesi, insan kaynağının üretken kapasitesini bütünüyle yansıtmayabilir. Eğitim ve sağlık göstergelerinin birlikte ele alınması, beşerî sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin daha kapsamlı biçimde incelenmesine olanak sağlamaktadır.

Beşerî sermayenin geliştirilmesinde kamu harcamaları önemli bir politika aracı olarak öne çıkmaktadır. Kamu eğitim harcamaları, eğitim hizmetlerine erişimin genişletilmesi, eğitim altyapısının iyileştirilmesi, öğretim kalitesinin yükseltilmesi ve bireylerin bilgi ve becerilerinin geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Kamu sağlık harcamaları ise sağlık hizmetlerinin kapsamını ve niteliğini artırarak nüfusun sağlık düzeyinin geliştirilmesine ve işgücünün üretkenliğinin korunmasına katkı sağlayabilir. Baldacci, Clements, Gupta ve Cui (2008), gelişmekte olan ülkelerde kamu eğitim ve sağlık harcamaları, beşerî sermaye göstergeleri ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkileri inceleyerek sosyal harcamaların büyüme üzerindeki doğrudan ve dolaylı kanallarına dikkat çekmiştir. Bununla birlikte kamu harcamalarının ekonomik büyümeye katkısı, yalnızca harcama miktarına bağlı değildir. Harcamaların etkinliği, eğitim ve sağlık hizmetlerinin niteliği, kurumsal kapasite ve kaynakların kullanım biçimi de bu ilişkinin yönünü ve büyüklüğünü belirleyebilmektedir.

Beşerî sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin gelişmekte olan ülkeler bakımından değerlendirilmesi, söz konusu ekonomilerin karşı karşıya kaldıkları yapısal sorunlar nedeniyle ayrıca önem kazanmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler, ekonomik büyümeyi desteklemek için fiziksel sermaye yatırımlarına ve dış finansman kaynaklarına ihtiyaç duyabilmekte; buna karşılık makroekonomik istikrarsızlıklar, dış finansman koşullarındaki değişimler, işsizlik ve üretkenlik sorunları büyümenin sürdürülebilirliğini sınırlandırabilmektedir. Bu koşullarda beşerî sermaye, mevcut kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlayabilecek ve ekonomilerin teknolojik dönüşüm kapasitesini güçlendirebilecek bir unsur olarak değerlendirilebilir. Ancak beşerî sermaye birikiminin ekonomik büyümeye dönüşmesi, eğitimli bireylerin üretken istihdam olanaklarına erişebilmesine, becerilerin ekonomik yapıyla uyumuna ve nitelikli işgücünün ülke ekonomisinde tutulabilmesine bağlıdır. Bu nedenle eğitim ve sağlık yatırımlarının ekonomik büyümeye etkisi, ülkelerin kurumsal ve yapısal özelliklerinden bağımsız biçimde ele alınmamalıdır.

Bu bağlamda Brezilya, Endonezya, Hindistan, Güney Afrika ve Türkiye'den oluşan Kırılgan Beşli ülkeleri, beşerî sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelenmesi bakımından dikkat çekici bir araştırma grubudur. “Kırılgan Beşli” kavramı, 2013 yılında Morgan Stanley tarafından özellikle dış finansman ihtiyacı ve uluslararası sermaye hareketlerine duyarlılıkları nedeniyle öne çıkan bu beş gelişmekte olan ekonomi için kullanılmıştır. Ülkelerin yüksek dış finansman gereksinimleri, cari açıkları ve küresel finansal koşullardaki değişimlere karşı duyarlılıkları, söz konusu sınıflandırmanın ortaya çıkmasında etkili olmuştur (Ünver & Doğru, 2015). Bununla birlikte Kırılgan Beşli, değişmez ve resmî bir ülke grubu olmaktan ziyade belirli bir dönemin ekonomik kırılganlıklarını tanımlamak amacıyla kullanılan analitik bir sınıflandırmadır. Dolayısıyla bu ülkelerin günümüzdeki ekonomik özelliklerinin 2013 yılındaki koşullarla bütünüyle aynı olduğu varsayılmamalıdır.

Kırılgan Beşli ülkelerinin ortak bir araştırma çerçevesinde değerlendirilmesi, benzer dış kırılganlıkların farklı beşerî sermaye ve büyüme dinamikleriyle nasıl etkileşime girebildiğini inceleme imkânı sunmaktadır. Bununla birlikte bu ülkeler nüfus büyüklüğü, eğitim sistemlerinin yapısı, sağlık hizmetlerine erişim, üretim yapısı, işgücü piyasasının özellikleri ve teknolojik gelişmişlik bakımından birbirinden ayrılmaktadır. Hindistan'ın büyük işgücü ve bilgi temelli hizmetler alanındaki kapasitesi, Endonezya'nın ekonomik dönüşüm süreci, Brezilya'nın üretim ve gelir dağılımı yapısı, Güney Afrika'nın

© 2026 ISARC Academy

işgücü piyasasındaki yapısal sorunları ve Türkiye'nin sanayileşme ile teknolojik dönüşüm dinamikleri, beşerî sermayenin büyümeye katkısının ülkeler arasında farklılaşabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle ortak panel veri analizi, ülkeler arasındaki farklılıkları ve zaman içinde ortaya çıkan ortak eğilimleri birlikte değerlendirmek bakımından elverişli bir yöntemsel çerçeve sunmaktadır.

Literatürde beşerî sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar, teorik olarak beklenen olumlu ilişkinin ampirik düzeyde farklı sonuçlar verebildiğini göstermektedir. Benhabib ve Spiegel (1994), beşerî sermayenin ekonomik büyümedeki rolünü ülkeler arası veriler üzerinden incelemiş ve beşerî sermayenin yalnızca üretim faktörü olarak değil, teknolojik gelişmenin benimsenmesini kolaylaştıran bir unsur olarak da önem taşıdığını tartışmıştır. Krueger ve Lindahl (2001), eğitim ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye yönelik ampirik bulguları değerlendirirken eğitim göstergelerinin ölçümü ve verilerin niteliği gibi unsurların sonuçlar üzerinde belirleyici olabileceğine dikkat çekmiştir. Pritchett (2001) ise eğitim miktarındaki artışın her koşulda beklenen ekonomik büyümeyi yaratmadığını vurgulayarak eğitim yatırımlarının niteliği, kaynakların etkin kullanımı ve ekonomik sistemin işleyişi üzerinde durmuştur. Bu bulgular, beşerî sermaye yatırımlarının büyümeye katkısının otomatik olmadığını; eğitim ve sağlık hizmetlerinin kalitesi, üretken istihdam olanakları ve ekonomik kurumlarla etkileşim içinde değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu çerçevede Kırılgan Beşli ülkelerinde beşerî sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelenmesi, hem teorik hem de uygulamalı açıdan önem taşımaktadır. Özellikle kamu eğitim ve sağlık harcamalarının beşerî sermayenin geliştirilmesine katkı sağlayan politika araçları olarak ele alınması, bu harcamaların ekonomik büyüme ile ilişkisini değerlendirmeye imkân tanımaktadır. Bununla birlikte kamu harcamaları beşerî sermayenin kendisini doğrudan ölçmemekte; beşerî sermaye birikimini destekleyebilecek girdileri temsil etmektedir. Bu nedenle eğitim ve sağlık harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelenmesi, harcama düzeylerinin insan kaynağının niteliğine ve üretkenliğe dönüşme sürecine ilişkin dolaylı kanıtlar sunmaktadır. Verilerin elverişli olması durumunda eğitim süresi, eğitim başarısı, yaşam beklentisi veya beşerî sermaye endeksi gibi göstergelerin kullanılması, araştırmanın kapsamını daha da genişletebilir.

Beşerî sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin yönü de araştırılması gereken önemli bir hususdur. Beşerî sermaye birikimi üretkenliği ve gelir düzeyini artırabilirken ekonomik büyüme sonucunda ortaya çıkan gelir artışı, kamu eğitim ve sağlık hizmetlerine ayrılabilecek kaynakları da genişletebilir. Bu durum, değişkenler arasında çift yönlü bir ilişki olasılığını gündeme getirmektedir. Ayrıca ekonomik krizler, enflasyon, kamu bütçesindeki kısıtlar ve dış finansman koşullarındaki değişimler, beşerî sermaye yatırımlarını ve büyüme performansını aynı anda etkileyebilir. Dolayısıyla söz konusu ilişkinin değerlendirilmesinde yalnızca teorik beklentilerden hareket edilmesi yeterli değildir; ülkeler arasındaki farklılıkların, ortak şokların ve değişkenler arasındaki olası karşılıklı etkileşimlerin ekonometrik yöntemlerle incelenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, Kırılgan Beşli ülkelerinde beşerî sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel veri yaklaşımı çerçevesinde incelemektir. Araştırmada kamu eğitim harcamaları ve kamu sağlık harcamaları, beşerî sermayenin geliştirilmesine katkıda bulunan temel politika göstergeleri olarak ele alınmakta; ekonomik büyüme ise ülkelerin üretim ve gelir performansını yansıtan temel değişken olarak değerlendirilmektedir. Araştırma tasarımına net göç değişkeninin dâhil edilmesi durumunda göçün, özellikle nitelikli işgücünün ülkeye girişi veya ülkeden ayrılması yoluyla beşerî sermaye ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyebilecek tamamlayıcı bir unsur olduğu kabul edilmektedir.

Çalışma, beşerî sermaye yatırımlarının ekonomik büyümeyle ilişkisini Kırılgan Beşli ülkelerinin ortak özellikleri ve ülkeye özgü farklılıkları çerçevesinde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu yönüyle araştırmanın, kamu eğitim ve sağlık harcamalarının büyüme sürecindeki rolünün daha iyi anlaşılmasına, beşerî sermaye politikalarının ekonomik performansla ilişkisinin tartışılmasına ve gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir büyümeye yönelik politika önerilerinin geliştirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir. Bununla birlikte ilişkinin yönü ve istatistiksel anlamlılığı önceden kesin kabul edilmemekte; teorik beklentiler, yatay kesit bağıntı sonuçları sonrası Westerlund (2007) Panel Eşbütünleşme Testi kullanılmıştır.

© 2026 ISARC Academy

2. Beşerî Sermaye Kavramı ve Ekonomik Büyüme İlişkisi

Beşerî sermaye kavramı, insanların üretim sürecine katkı sağlayan bilgi, beceri, deneyim ve sağlık özelliklerini ekonomik bir kaynak olarak ele almaktadır. Fiziksel sermaye makine, teçhizat, altyapı ve üretim tesisleri gibi maddi üretim unsurlarını ifade ederken beşerî sermaye, emeğin niteliğini ve üretkenlik kapasitesini temsil etmektedir.

Schultz (1961), eğitime, sağlığa ve bireylerin becerilerini geliştiren faaliyetlere yapılan yatırımların üretkenliği artıran bir sermaye birikimi oluşturduğunu ileri sürmüştür. Becker (1964) ise eğitim ve mesleki yetiştirme yatırımlarını bireylerin gelecekteki gelirlerini ve üretkenliklerini artıran yatırım kararları olarak değerlendirmiştir. Bu yaklaşımlara göre beşerî sermaye, yalnızca bireysel kazançların değil, aynı zamanda toplam üretimin ve ekonomik büyümenin de önemli belirleyicilerindendir.

Beşerî sermayenin ekonomik büyümeye katkısı temel olarak dört mekanizma üzerinden açıklanabilir:

Emek verimliliği: Eğitimli ve sağlıklı işgücü, mevcut üretim faktörlerini daha etkin kullanarak birim emek başına üretimi artırabilir.

Teknolojiye uyum: Nitelikli işgücü, yeni teknolojileri öğrenme, uygulama ve geliştirme konusunda daha yüksek kapasiteye sahip olabilir.

Yenilikçilik ve bilgi üretimi: Eğitim ve araştırma faaliyetleri, teknolojik yenilikleri ve yeni üretim yöntemlerini destekleyebilir.

Kaynak tahsisi ve kurumsal kapasite: Nitelikli insan kaynağı, işletmelerin yönetim kalitesini, kamu hizmetlerinin etkinliğini ve ekonomik kararların niteliğini iyileştirebilir.

Bununla birlikte, beşerî sermayenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi otomatik değildir. Eğitim sisteminin işgücü piyasasının ihtiyaçlarıyla uyumlu olması, nitelikli istihdam olanaklarının bulunması ve yatırımların verimli sektörlere yönelmesi, beşerî sermayenin üretime dönüşmesinde kritik öneme sahiptir.

3. Beşerî Sermaye ve Ekonomik Büyüme İlişkisini Açıklayan Teorik Yaklaşımlar

3.1. Neoklasik büyüme teorisi

Solow (1956) tarafından geliştirilen neoklasik büyüme modeli, ekonomik büyümeyi fiziksel sermaye birikimi, emek ve teknolojik gelişme üzerinden açıklamaktadır. Modelin temel üretim fonksiyonu aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$Y_{it} = A_{it} K_{it}^{\alpha} L_{it}^{1-\alpha} \qquad (1)$$

Burada Y_{it}, toplam üretimi, A_{it}, teknolojik gelişmeyi, K_{it}^{α}, fiziksel sermayeyi, $L_{it}^{1-\alpha}$, emeği ve α ise fiziksel sermayenin üretim esnekliğini göstermektedir.

Solow modelinin başlangıç biçiminde beşerî sermaye üretim fonksiyonunda ayrı bir üretim faktörü olarak yer almamaktadır. Bununla birlikte, işgücünün niteliği ve teknolojik gelişme, uzun dönemli üretim kapasitesinin açıklanmasında önemli unsurlardır.

Mankiw, Romer ve Weil (1992), Solow modelini genişleterek beşerî sermaye birikimini üretim fonksiyonuna dâhil etmişlerdir. Genişletilmiş model şu şekilde gösterilebilir:

$$Y_{it} = K_{it}^{\alpha} H_{it}^{\beta} L_{it}^{1-\alpha} A_{it} \qquad (2)$$

Bu eşitlikte H, beşerî sermaye stokunu; β ise beşerî sermayenin üretim üzerindeki etkisini temsil etmektedir. Model, fiziksel sermayenin yanı sıra beşerî sermaye birikiminin de ülkeler arasındaki kişi başına gelir farklılıklarını açıklayabileceğini ortaya koymaktadır. Kırılgan Beşli ülkeleri açısından değerlendirildiğinde, eğitim ve sağlık alanlarına yapılan yatırımların işgücünün niteliğini geliştirerek üretim kapasitesini artırması beklenmektedir. Ancak bu katkının büyüklüğü, yatırımların etkinliğine, sermaye birikimine, teknolojik altyapıya ve işgücü piyasasının yapısına bağlıdır.

© 2026 ISARC Academy

3.2. Beşerî sermaye teorisi

Beşerî sermaye teorisinin temelini Schultz (1961) ve Becker (1964) tarafından geliştirilen yaklaşımlar oluşturmaktadır. Bu teoriye göre eğitim, sağlık, mesleki eğitim ve beceri geliştirme faaliyetleri tüketim harcaması olmanın ötesinde, gelecekteki üretkenliği artıran yatırımlardır. Becker'in yaklaşımı özellikle eğitimin bireysel gelir ve üretkenlik üzerindeki getirilerine odaklanmaktadır.

Bu çerçevede beşerî sermaye birikimi aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$H_{it} = f(E_{it}, S_{it}, B_{it}) \qquad (3)$$

Burada:

H_{it}: Beşerî sermaye düzeyini,

E_{it}: Eğitim düzeyini ve eğitim yatırımlarını,

S_{it}: Sağlık düzeyini ve sağlık yatırımlarını,

B_{it}: Bilgi, beceri ve mesleki yeterlilikleri ifade etmektedir.

Beşerî sermayenin ekonomik büyümeye etkisi, işgücünün üretkenliğini yükseltmesi ve üretim sürecinde daha yüksek katma değer oluşturulmasını sağlaması üzerinden gerçekleşmektedir. Sağlıklı bireyler işgücüne daha etkin katılabilirken eğitimli bireyler yeni üretim tekniklerini öğrenme ve uygulama konusunda daha yüksek kapasiteye sahip olabilir.

Kırılgan Beşli ülkelerinde bu yaklaşımın önemi, eğitim ve sağlık hizmetlerinin kapsamı kadar kalitesinin de ekonomik performans açısından belirleyici olmasından kaynaklanmaktadır. Kamu harcamalarının artırılması tek başına yeterli olmayıp harcamaların eğitim başarısına, sağlık göstergelerine ve işgücü verimliliğine ne ölçüde dönüştüğü de değerlendirilmelidir.

3.3. İçsel büyüme teorisi

İçsel büyüme teorisi, ekonomik büyümenin yalnızca dışsal teknolojik gelişmelerle açıklanamayacağını; bilgi üretimi, beşerî sermaye birikimi, yenilikçilik ve araştırma-geliştirme faaliyetlerinin de büyüme sürecini içeriden besleyebileceğini savunmaktadır.

Lucas (1988), beşerî sermaye birikiminin ekonomik büyümenin temel kaynaklarından biri olduğunu vurgulamıştır. Bu yaklaşımda bireylerin eğitim ve becerilerindeki gelişmeler yalnızca kendi üretkenliklerini artırmamakta, diğer çalışanların verimliliğine de olumlu katkı sağlayabilmektedir.

Lucas'ın yaklaşımını yansıtan basitleştirilmiş bir üretim fonksiyonu şu şekilde yazılabilir:

$$Y_{it} = A_{it} K_{it}^{\alpha} (u_{it} h_{it} L_{it})^{1-\alpha} \qquad (4)$$

Burada h_{it} işgücünün beşerî sermaye düzeyini, u_{it} ise bireylerin üretime ayırdığı zamanın oranını göstermektedir. Beşerî sermayenin gelişimi, hem bireysel üretkenliği hem de ekonominin genel üretim kapasitesini etkileyebilir.

Romer (1990) ise bilgi üretimi ve araştırma-geliştirme faaliyetlerinin uzun dönemli büyümedeki rolüne dikkat çekmektedir. Nitelikli insan kaynağı, yeniliklerin geliştirilmesini ve teknolojinin üretim süreçlerine aktarılmasını kolaylaştırabilir.

Bu teoriye göre Kırılgan Beşli ülkelerinde eğitim ve sağlık yatırımlarının büyümeye etkisinin, teknolojik dönüşümün ve yenilikçi üretimin yaygınlaşmasıyla güçlenmesi beklenebilir. Bununla birlikte, nitelikli işgücünün istihdam edilememesi, beyin göçü ve araştırma-geliştirme kapasitesinin yetersizliği, beşerî sermayenin büyümeye katkısını sınırlandırabilir.

© 2026 ISARC Academy

3.4. Kamu harcamaları ve beşerî sermaye yaklaşımı

Kamu eğitim ve sağlık harcamaları, beşerî sermayenin geliştirilmesinde kullanılan temel politika araçları arasında yer almaktadır. Eğitim harcamaları bireylerin bilgi ve beceri düzeyini artırırken sağlık harcamaları işgücünün fiziksel ve zihinsel kapasitesini, çalışma sürekliliğini ve yaşam kalitesini destekleyebilir.

Bu ilişki, ekonomik büyüme açısından aşağıdaki mekanizmalarla açıklanabilir:

- Kamu eğitim harcamaları
- Eğitim kalitesi, bilgi ve beceri birikimi
- Beşerî sermaye birikimi
- İşgücü niteliği ve üretkenlik artışı
- Ekonomik büyüme
- Üretim, yenilikçilik ve katma değer artışı
- Kamu sağlık harcamaları
- Sağlık düzeyi, işgücüne katılım ve çalışma verimliliği
- Beşerî sermaye kalitesinin gelişmesi
- Daha sağlıklı ve üretken işgücü

Bu mekanizmalar, kamu eğitim ve sağlık harcamalarının ekonomik büyümeyi destekleyebileceği yönünde teorik bir beklenti oluşturmaktadır. Bununla birlikte, söz konusu etkinin büyüklüğü ve istatistiksel anlamlılığı ülkelerin kurumsal yapısına, kamu kaynaklarının kullanım etkinliğine ve harcamaların finansman biçimine bağlıdır.

4. Kırılgan Beşli Ülkeler Açısından Teorik Değerlendirme

Kırılgan Beşli ülkeleri Brezilya, Endonezya, Hindistan, Güney Afrika ve Türkiye'den oluşmaktadır. Bu ülkeler aynı gelişmişlik düzeyine veya aynı ekonomik yapıya sahip değildir. Bununla birlikte, beşerî sermaye birikiminin üretkenliğe ve ekonomik büyümeye nasıl dönüştüğü ortak bir araştırma konusu olarak ele alınabilir.

Tablo 1: Verilerin Teorik Olarak Değerlendirilmesi

Ülke	Teorik açıdan öne çıkan araştırma boyutu
Brezilya	Eğitim ve sağlık hizmetlerine erişim, beceri farklılıkları ve işgücü verimliliği
Endonezya	Eğitim ve sağlık yatırımları, işgücünün niteliği ve yapısal dönüşüm
Hindistan	Eğitim, teknik beceriler, bilgi ekonomisi ve nitelikli istihdam
Güney Afrika	Beceri uyumsuzluğu, işsizlik ve beşerî sermayenin istihdama dönüşmesi
Türkiye	Eğitim kalitesi, işgücü verimliliği, teknolojik uyum ve nitelikli istihdam

Tablodaki boyutlar, ülkelere ilişkin sınanmış ampirik sonuçlar değil, araştırmada geliştirilebilecek teorik değerlendirme alanlarıdır.

Bu ülkeler bakımından temel mesele, beşerî sermayeye ayrılan kaynakların ekonomik büyümeye ne ölçüde dönüştüğüdür. Eğitimli işgücünün istihdam olanaklarıyla buluşması, sağlık hizmetlerinin kapsayıcılığı, teknolojik gelişmelere uyum ve kamu harcamalarının etkinliği, bu dönüşümün başlıca belirleyicileridir.

© 2026 ISARC Academy

Ayrıca ekonomik büyüme ile beşerî sermaye arasında çift yönlü bir ilişki bulunması mümkündür. Beşerî sermaye üretkenliği ve ekonomik büyümeyi artırabilirken büyümeden elde edilen gelir artışı da kamu eğitim ve sağlık hizmetlerinin finansmanını kolaylaştırabilir. Bu nedenle yalnızca tek yönlü bir nedensellik varsaymak yerine, ilişkinin ampirik olarak sınanması daha uygundur.

5. Araştırma Modeli, Yöntem ve Hipotezler

Kırılgan Beşli ülkelerinde beşerî sermaye ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemek için bağımlı değişken olarak reel GSYH büyüme oranı kullanılmıştır. Beşerî sermayenin göstergeleri olarak kamu eğitim harcamaları ve kamu sağlık harcamaları modele dâhil edilmiştir.

Net göç değişkeni de araştırmaya ekleniyorsa, nitelikli işgücünün ülkeye girişi ve ülkeden ayrılışının büyümeyle ilişkisi ayrıca değerlendirilebilir. Ancak net göç, doğrudan beşerî sermaye ölçüsü değildir; etkisi göç eden nüfusun beceri yapısına ve işgücü piyasasına katılımına bağlıdır.

Örnek bir panel veri modeli aşağıdaki gibi kurulmuştur:

$$GDPGrowth_{it} = \beta_0 + \beta_1 EDU_{it} + \beta_2 HEALTH_{it} + \beta_3 MIG_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (5)$$

Burada:

$GDPGrowth_{it}$: i ülkesinin t dönemindeki büyüme oranı,

EDU_{it}: Kamu eğitim harcamalarının GDP üzerindeki payı,

$HEALTH_{it}$: Cari Kamu sağlık harcamalarının GDP üzerindeki payı,

MIG_{it}: Net göç göstergesini,

ε_{it}: Hata terimini ifade etmektedir.

Bu modeli analiz etmek için öncelikle yatay kesit bağımlılığı testi yapılmıştır. Yatay kesit bağımlılığı testlerinden Pesaran CD testi kullanılmıştır.

Pesaran (2004) Yatay Kesit Bağımlılığı Testi

Panel veri analizlerinde yatay kesit birimleri arasında gözlemlenemeyen ortak şoklar, ekonomik entegrasyon, finansal piyasalar arasındaki bağlantılar, ticaret ilişkileri veya benzer makroekonomik gelişmeler nedeniyle bağımlılık ortaya çıkabilmektedir. Bu durum, panel veri modellerinde yatay kesitler arasındaki bağımsızlık varsayımının geçerliliğini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Özellikle ülkelerden oluşan panellerde ekonomik krizler, küresel finansal gelişmeler, enerji fiyatları ve uluslararası sermaye hareketleri gibi ortak faktörler ülkeleri eş zamanlı olarak etkileyebilmektedir. Bu nedenle panel veri analizlerinde öncelikle yatay kesit bağımlılığının sınanması önem taşımaktadır.

Pesaran (2004), panel veri modellerinde yatay kesit bağımlılığını belirlemek amacıyla CD (Cross-sectional Dependence) testini geliştirmiştir. Testin temel avantajlarından biri, yatay kesit boyutunun (N) zaman boyutundan (T) büyük veya küçük olmasına ilişkin katı bir kısıt getirmemesidir. Test özellikle makro panel veri setlerinde ülkeler arasındaki bağımlılığın araştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

5.1. Model

Pesaran (2004) CD testi genel olarak aşağıdaki panel veri modeli üzerinden hareket etmektedir:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i' x_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (6)$$

Burada;

- (i=1,2,3, …): yatay kesit birimlerini,

- (t=1,2,3, …): zaman boyutunu,
- y_{it}: bağımlı değişkeni,
- x_{it}: bağımsız değişkenler vektörünü,
- α_i: birimlere özgü sabit terimi,
- β_i: eğim katsayılarını,
- ε_{it}: hata terimini göstermektedir.

Pesaran (2004) yaklaşımında temel olarak modelden elde edilen artıkların yatay kesitler arasındaki korelasyonları incelenmektedir.

5.2. Yatay kesit korelasyon katsayısı

İlk aşamada her bir yatay kesit için model tahmin edilerek artıklar elde edilir. Daha sonra i ve j yatay kesitleri arasındaki korelasyon katsayısı hesaplanır:

$$\hat{\rho}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^{T} \hat{\varepsilon}_{it}\hat{\varepsilon}_{jt}}{\left(\sum_{t=1}^{T} \hat{\varepsilon}_{it}{}^{2}\right)^{1/2}\left(\sum_{t=1}^{T} \hat{\varepsilon}_{jt}{}^{2}\right)^{1/2}} \qquad (7)$$

Burada $\hat{\rho}_{ij}$, i ve j yatay kesit birimlerinin hata terimleri arasındaki korelasyonu ifade etmektedir.

Yatay kesit bağımlılığının bulunması durumunda farklı ülkelerin hata terimleri arasında anlamlı korelasyonların ortaya çıkması beklenmektedir.

5.2.1. Pesaran CD test istatistiği

Pesaran (2004) CD test istatistiği şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} \hat{\rho}_{ij} \qquad (8)$$

Burada:

- N: yatay kesit sayısını,
- T: zaman boyutunu,
- $\hat{\rho}_{ij}$: i ve j yatay kesitlerinin artıklarının korelasyon katsayısını göstermektedir.

Test istatistiği, yatay kesitler arasındaki ikili korelasyon katsayılarının toplamına dayanmaktadır.

Pesaran (2004), uygun düzenlilik koşulları altında ve özellikle \(N\) ile \(T\)'nin yeterince büyük olduğu durumda CD test istatistiğinin asimptotik olarak standart normal dağılıma yaklaştığını göstermektedir:

$$CD \xrightarrow{d} N(0,1)$$

Dolayısıyla test istatistiğinin mutlak değeri büyüdükçe yatay kesit bağımlılığına ilişkin kanıt güçlenmektedir.

5.2.2. Hipotezler

Pesaran (2004) CD testinde temel hipotezler şu şekilde kurulmaktadır:

$$H_o = \rho_{ij} = 0 \ \ (i \neq j)$$

$$H_1 \neq \rho_{ij} = 0 \ (i \neq j)$$

© 2026 ISARC Academy

Buna göre:

H_o**:** Yatay kesitler arasında bağımlılık yoktur.

H_1**:** Yatay kesitler arasında yatay kesit bağımlılığı vardır.

Test istatistiğinin olasılık değeri (p-value) anlamlılık düzeyinden küçük olduğunda H_o reddedilmektedir.

Çalışmada, birim kök testlerinden MADF Panel Birim Kök testi kullanılmıştır.

Panel veri analizlerinde yatay kesit birimleri arasındaki ekonomik ve finansal etkileşimlerin dikkate alınması, serilerin durağanlık özelliklerinin doğru biçimde belirlenmesi açısından önemlidir. Geleneksel ADF testleri her bir yatay kesit birimini ayrı ayrı ele alırken, Multivariate Augmented Dickey–Fuller (MADF) testi paneli oluşturan yatay kesitleri eşanlı olarak bir sistem içerisinde değerlendirmektedir. Taylor ve Sarno (1998) tarafından geliştirilen MADF testi, özellikle yatay kesit birimlerinin hata terimleri arasında eşzamanlı korelasyona izin vermekte ve sistem tahmininde SUR (Seemingly Unrelated Regression) yönteminden yararlanmaktadır.

Bu nedenle MADF testi, ülkeler arasında ekonomik ve finansal bağlantıların güçlü olduğu panel veri çalışmalarında geleneksel tek değişkenli ADF testlerine kıyasla önemli bir alternatif sunmaktadır.

5.3. MADF testinin temel modeli

Taylor ve Sarno (1998), N adet yatay kesitten oluşan panel için çok değişkenli stokastik süreci aşağıdaki şekilde tanımlamaktadır:

$$q_{it} = \mu_i + \sum_{j=1}^{k_i} \rho_{ij}\, q_{i,t-j} + \varepsilon_{it} \qquad (9)$$

Burada;

- q_{it}: i'inci yatay kesite ait değişken,
- μ_i: birime özgü sabit terim,
- ρ_{ij}: otoregresif katsayılar,
- $q_{i,t-j}$: i 'inci yatay kesit için gecikme uzunluğu,
- ε_{it}: hata terimi,
- N: yatay kesit sayısı,
- T: zaman boyutudur.

Taylor ve Sarno'nun yaklaşımında hata terimleri:

$$\varepsilon_{it} = (\varepsilon_{1it}, \varepsilon_{2it}, \dots, \varepsilon_{Nt})'$$

şeklinde bir hata vektörü oluşturmakta ve bu hata terimlerinin eşzamanlı olarak korelasyonlu olmasına izin verilmektedir. Böylece:

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_{it}{}') = \xi$$

olmakta ve ξ 'nin diyagonal dışındaki elemanları sıfır olmak zorunda değildir. Başka bir ifadeyle ülkelerin aynı dönemde birbirlerinden etkilenebileceği kabul edilmektedir.

5.3.1. Augmented Dickey–Fuller biçimi

Model daha yaygın ADF gösterimiyle aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

© 2026 ISARC Academy

$$\Delta q_{it} = \alpha_i + \beta_i q_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{k_i} \lambda_{ij} \Delta q_{i,t-j} + \varepsilon_{it} \qquad (10)$$

Burada:

$\beta_i = \sum_{j=1}^{k_i} \rho_{ij} - 1$ şeklindedir.

Dolayısıyla birim kök hipotezi:

$H_0 = \beta_i = 0$ şeklinde ifade edilebilir.

MADF testinin temel özelliği, bu hipotezin tek tek ülkeler için değil, bütün panel için eşanlı olarak test edilmesidir.

5.3.2. MADF testinin hipotezleri

MADF testinde temel sıfır hipotezi, panelde yer alan bütün serilerin birim kök içerdiğini ifade etmektedir:

$H_0 = \sum_{j=1}^{k_i} \rho_{ij} - 1 = 0 \quad i = 1,2,\dots,N$ Alternatif hipotez ise en az bir yatay kesitte durağanlığın bulunduğunu ifade eder:

$H_1 = \sum_{j=1}^{k_i} \rho_{ij} - 1 < 0$ en az bir i için.

Taylor ve Sarno yaklaşımında alternatif altında otoregresif katsayıların yatay kesitler arasında farklılaşmasına izin verilmektedir.

Uzun dönem ilişkiyi incelemek için Westerlund (2007) Panel Eşbütünleşme Testi kullanılmıştır.

5.4. Westerlund Eşbütünleşme Analizi: Westerlund (2007) dört farklı test istatistiği önermektedir: G_t, G_a, P_t, P_a

Bunlar iki gruba ayrılmaktadır:

Tablo 2: Westerlund Testi

Grup	Testler	Alternatif
Grup/Mean Group	G_t, G_a	En az bir yatay kesitte eşbütünleşme
Panel/Panel Group	P_t, P_a	Panelin genelinde eşbütünleşme

Bu dört istatistiğin hata düzeltme katsayısına dayandığı Westerlund'un orijinal çalışmasında açıkça belirtilmektedir.

5.4.1. G_t testi

İlk grup istatistiği:

$$G_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \frac{\hat{\lambda}_i}{SE(\hat{\lambda}_i)} \qquad (11)$$

şeklinde genel olarak ifade edilebilir.

© 2026 ISARC Academy

Burada:

$\frac{\hat{\lambda}_i}{SE(\hat{\lambda}_i)}$ her bir ülkeye ait hata düzeltme katsayısının t-istatistiğidir.

Dolayısıyla G_t, yatay kesitlere ait bireysel hata düzeltme katsayılarının t-istatistiklerinin ortalamasına dayanmaktadır. Modern uygulamalarda da G_t, bireysel hata düzeltme katsayılarının t-oranlarının ortalaması olarak tanımlanmaktadır.

5.4.2. G_a testi

İkinci grup istatistiği:

$$G_a = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{T\hat{\lambda}_i}{\hat{\sigma}_i} \qquad (12)$$

biçiminde ifade edilmektedir.

G_a, bireysel hata düzeltme katsayılarının ölçeklendirilmiş değerlerine dayanmaktadır.

Dolayısıyla:

G_t, G_a Grup ortalaması (group-mean) yaklaşımını temsil etmektedir.

5.4.3. P_t testi

Üçüncü test istatistiği P_t'dir.

Bu testte yatay kesitlere ait hata düzeltme katsayıları **panel düzeyinde birleştirilerek** ortak bir test yapılmaktadır.

Genel gösterim:

$$P_t = \frac{\hat{\lambda}}{SE(\hat{\lambda})} \qquad (13)$$

şeklindedir.

Dolayısıyla P_t, panelde ortak hata düzeltme davranışını test eden panel istatistiğidir.

5.4.4. P_a testi

Dördüncü istatistik:

P_a, ise ortak hata düzeltme katsayısının ölçeklendirilmiş biçimine dayanmaktadır.

Genel olarak:

$$P_a = \frac{T\hat{\lambda}}{\hat{\sigma}} \qquad (14)$$

şeklinde ifade edilebilir.

P_t ve P_a, panelin tamamına ilişkin ortak hata düzeltme davranışını sınamaktadır.

5.5. Test istatistiklerinin temel yorumu

Dört istatistiğin yorumlanması şu şekilde özetlenebilir:

$G_t$ve G_a

$$H_0: \lambda_i = 0 \forall i$$
$$H_1: \lambda_i < 0 \text{en az bir } i \text{ için}$$

Dolayısıyla $G_t$veya G_a'nın anlamlı olması, en az bir yatay kesitte uzun dönemli ilişkinin bulunduğuna yönelik kanıt sağlar.

$P_t$ve P_a

$$H_0: \lambda_i = 0 \forall i$$
$$H_1: \lambda_i < 0 \text{panel genelinde}$$

Dolayısıyla $P_t$veya P_a'nın anlamlı olması, panel genelinde eşbütünleşme ilişkisine ilişkin kanıt sağlar.

6. Bulgular

Bu çalışmada 2000-2022 dönemi için Kırılgan Beşli ülkeler üzerine beşeri sermayenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İlk olarak yatay kesit bağımlılığı ölçmek amacıyla Pesaran CD testi kullanılmış sonucu aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3: Pesaran CD Yatay Kesit Bağımlılık Testi Sonuçları

Test İstatistik Değeri	**Prob.**
7,770	0,000

Yukarıdaki tabloya göre %1 önem seviyesinde birimler arası yatay kesit bağımlılık olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuca göre ikinci nesil birim kök testlerinden biri kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada da yatay kesit bağımlılığı dikkate alan MADF Panel Birim kök testi kullanılmıştır. Sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4: MADF Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	**Lags**	**MADF Test İstatistiği**	**%5 Önem Seviyesi Değeri**
GDPGrowth	1	24,273	34,737
D (GDPGrowth)	1	148,224	36,616
EDU	1	7,061	34,737
D (EDU)	1	84,138	36,616
HEALTH	1	6,832	34,737
D (HEALTH)	1	81,759	36,616
MIG	1	6,936	34,737
D (MIG)	1	60,586	36,616

Yukarıdaki tabloya göre bütün değişkenler birinci farkta durağanlaşmıştır. Uzun dönem ilişki tespiti için eşbütünleşme testlerine bakılmaktadır. Çalışmada eşbütünleşme testlerinden Westerlund (2007) Panel Eşbütünleşme Testi kullanılmıştır. Sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5: Westerlund Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları

© 2026 ISARC Academy

İstatistik	Değer	Z Değer	Prob.	Robust Prob.
G_t	2,986	-0,724	0,235	0,040
G_a	-5,545	2,778	0,997	0,930
P_t	-6,299	-0,840	0,200	0,050
P_a	-4,577	2,229	0,987	0,860

Tablo 5'te yer alan Westerlund (2007) Panel Eşbütünleşme Testi sonuçları incelendiğinde, standart olasılık değerleri ile robust olasılık değerleri arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu farklılık, özellikle yatay kesit bağımlılığının tespit edildiği panel veri setlerinde önem taşımaktadır. Çalışmada Pesaran CD testi sonucunda yatay kesit bağımlılığı bulunduğundan, Westerlund testine ilişkin robust olasılık değerlerinin dikkate alınması daha uygun olacaktır.

Bu sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, G_t ve P_t istatistiklerinin robust olasılık değerlerinin sırasıyla 0,040 ve 0,050 olması, Kırılgan Beşli ülkelerinde ekonomik büyüme ile kamu eğitim harcamaları, kamu sağlık harcamaları ve net göç arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunduğuna yönelik kanıt sunmaktadır. Buna karşılık G_a ve P_a istatistiklerinin anlamsız olması, eşbütünleşme bulgusunun dört test istatistiği bakımından güçlü ve homojen olmadığını göstermektedir. Bu nedenle sonuçların "kesin ve tüm testlerce doğrulanmış bir eşbütünleşme" şeklinde değil, özellikle G_t ve P_t istatistikleri tarafından desteklenen uzun dönemli ilişki kanıtı olarak ifade edilmesi daha metodolojik açıdan doğru olacaktır.

Özellikle P_t'nin %5 düzeyinde sınırda anlamlı olması (robust p=0,050) dikkate alındığında, panel genelinde uzun dönemli ilişkinin bulunduğu yönündeki sonuç temkinli biçimde yorumlanmalıdır. Bununla birlikte, çalışmada daha önce tespit edilen yatay kesit bağımlılığı dikkate alındığında robust sonuçların kullanılması, ülkeler arasındaki ortak şokların ve karşılıklı etkileşimlerin analizde göz önünde bulundurulması açısından önemlidir.

6. Sonuç

Bu çalışmada, Kırılgan Beşli ülkelerinde beşerî sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki 2000–2022 dönemi için panel veri yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada ekonomik büyüme göstergesi olarak kişi başına ekonomik performansı temsil eden GDPGrowth, beşerî sermayenin temel göstergeleri olarak kamu eğitim harcamaları (EDU) ve kamu sağlık harcamaları (HEALTH), beşerî sermayenin hareketliliği ve işgücü piyasası üzerindeki olası etkilerini temsil etmek üzere ise net göç (MIG) değişkeni modele dâhil edilmiştir. Bu çerçevede oluşturulan model, beşerî sermaye yatırımlarının ve göç hareketlerinin ekonomik büyüme üzerindeki uzun dönemli etkilerinin ortaya konulmasını amaçlamıştır.

Ampirik analiz kapsamında öncelikle ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının bulunup bulunmadığı Pesaran (2004) CD testi ile araştırılmıştır. Test sonucunda elde edilen 7,770 test istatistiği ve 0,000 olasılık değeri, %1 anlamlılık düzeyinde yatay kesit bağımsızlığını ifade eden sıfır hipotezinin reddedildiğini göstermektedir. Buna göre Kırılgan Beşli ülkelerinin ekonomik büyüme, eğitim, sağlık ve göç dinamiklerinin birbirinden bağımsız olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgu, söz konusu ülkelerin küresel ekonomik koşullar, sermaye hareketleri, uluslararası ticaret, finansal piyasalar ve bölgesel ekonomik gelişmeler gibi ortak faktörlerden etkilenebildiğini göstermesi bakımından önemlidir.

Yatay kesit bağımlılığının tespit edilmesi nedeniyle çalışmada ikinci nesil panel birim kök testlerinden MADF testi kullanılmıştır. MADF testi sonuçlarına göre GDPGrowth, EDU, HEALTH ve MIG değişkenlerinin düzey değerlerinde durağan olmadıkları, ancak birinci farkları alındığında durağan hale geldikleri görülmüştür. Başka bir ifadeyle, modelde kullanılan değişkenlerin I(1) sürecine sahip oldukları belirlenmiştir. Değişkenlerin aynı bütünleşme derecesinde olması, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunup bulunmadığının panel eşbütünleşme testleri aracılığıyla araştırılmasına olanak sağlamıştır.

© 2026 ISARC Academy

Uzun dönemli ilişkinin belirlenmesi amacıyla Westerlund (2007) Panel Eşbütünleşme Testi uygulanmıştır. Test sonuçlarında özellikle yatay kesit bağımlılığını dikkate alan robust olasılık değerleri dikkate alınmıştır. G_t testinin robust olasılık değeri 0,040, P_t testinin robust olasılık değeri ise 0,050 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, sırasıyla %5 anlamlılık düzeyinde eşbütünleşme yokluğu hipotezinin reddedilmesini desteklemektedir. Buna karşılık G_a ve P_a testlerinin robust olasılık değerleri sırasıyla 0,930 ve 0,860 olduğundan bu iki test açısından sıfır hipotezi reddedilememektedir.

Westerlund sonuçlarının bütünsel değerlendirilmesi, Kırılgan Beşli ülkelerinde ekonomik büyüme, kamu eğitim harcamaları, kamu sağlık harcamaları ve net göç arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunduğuna yönelik kanıt olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte dört Westerlund istatistiğinin tamamının anlamlı olmaması nedeniyle bu bulgunun ihtiyatlı biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle G_t ve P_t istatistiklerinin robust sonuçları, uzun dönemli ilişkinin varlığını destekleyen temel kanıtları oluşturmaktadır.

Elde edilen sonuçlar teorik açıdan değerlendirildiğinde, beşerî sermayeye yönelik kamu yatırımlarının ekonomik büyümenin uzun dönemli belirleyicilerinden biri olabileceği söylenebilir. Eğitim harcamalarının artırılması, bireylerin bilgi, beceri ve üretkenlik düzeylerinin yükselmesine katkı sağlayarak işgücünün niteliğini geliştirebilir. Benzer şekilde sağlık harcamaları, bireylerin fiziksel ve beşerî kapasitesinin korunmasına ve geliştirilmesine katkıda bulunarak emek verimliliğini artırabilir. Bu nedenle eğitim ve sağlık alanlarına yönelik kamu harcamalarının yalnızca sosyal politika aracı olarak değil, aynı zamanda uzun dönemli ekonomik büyümeyi destekleyen beşerî sermaye yatırımları olarak değerlendirilmesi mümkündür.

Net göç değişkeninin modele dâhil edilmesi ise beşerî sermaye ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin daha geniş bir perspektiften ele alınmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte net göçün doğrudan bir beşerî sermaye göstergesi olmadığı özellikle vurgulanmalıdır. Göçün ekonomik büyüme üzerindeki etkisi, göç eden nüfusun eğitim ve beceri düzeyine, yaş yapısına, işgücüne katılımına ve ülkedeki istihdam olanaklarına bağlı olarak farklılaşabilir. Nitelikli işgücünün ülkeye yönelmesi beşerî sermaye stokunu ve üretkenliği artırabilirken, yüksek nitelikli bireylerin ülkeden ayrılması beşerî sermaye kaybına ve potansiyel büyümenin zayıflamasına neden olabilir. Dolayısıyla net göç ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin yalnızca göç miktarı üzerinden değil, göçün niteliği ve işgücü piyasası üzerindeki etkileri üzerinden değerlendirilmesi gerekmektedir.

Çalışmanın önemli bir sonucu da Kırılgan Beşli ülkelerinin ekonomik performanslarının birbirlerinden bağımsız olarak ele alınamayacağını göstermesidir. Pesaran CD testi sonucunda belirlenen güçlü yatay kesit bağımlılığı, bu ülkelerin ortak küresel ve bölgesel şoklara karşı duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle beşerî sermaye politikalarının yalnızca ülke bazında değil, makroekonomik istikrar, eğitim, sağlık, işgücü piyasası ve göç politikalarının birlikte değerlendirildiği bütüncül bir çerçevede ele alınması önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, çalışmanın ampirik bulguları Kırılgan Beşli ülkelerinde beşerî sermaye yatırımları, net göç ve ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir bağlantı bulunduğuna yönelik kanıt sunmaktadır. Bu doğrultuda politika yapıcıların eğitim ve sağlık harcamalarının etkinliğini artırması, özellikle genç nüfusun becerilerini geliştirmeye yönelik yatırımlara ağırlık vermesi ve nitelikli işgücünün ülkede tutulmasını sağlayacak politikalar geliştirmesi önem arz etmektedir. Ayrıca göç politikalarının ekonomik büyüme politikalarından bağımsız düşünülmemesi; nitelikli göçün çekilmesi, beşerî sermaye kaybının azaltılması ve göçmenlerin işgücü piyasasına etkin biçimde entegrasyonunun sağlanması uzun dönemli büyüme açısından önemlidir.

Bununla birlikte, Westerlund sonuçlarında G_a ve P_a istatistiklerinin anlamsız olması nedeniyle gelecekteki çalışmalarda eşbütünleşme ilişkisinin farklı ikinci nesil testlerle ve alternatif beşerî sermaye göstergeleriyle sınanması yararlı olacaktır. Özellikle ortalama eğitim süresi, eğitimde kayıt oranları, yaşam beklentisi, beşerî sermaye endeksleri, yükseköğretim göstergeleri ve işgücü niteliği gibi değişkenlerin modele eklenmesi, beşerî sermaye-ekonomik büyüme ilişkisinin daha kapsamlı biçimde ortaya konulmasına katkı sağlayabilir. Ayrıca uzun dönemli katsayıların CCE-MG, AMG veya CS-ARDL gibi yatay kesit bağımlılığını dikkate alan tahmincilerle tahmin edilmesi, eğitim ve sağlık

© 2026 ISARC Academy

harcamalarının büyüme üzerindeki etkilerinin yönü ve büyüklüğü konusunda daha ayrıntılı sonuçlar sağlayacaktır.

Kaynakça

Baldacci, E., Clements, B., Gupta, S., & Cui, Q. (2008). Social spending, human capital, and growth in developing countries: Implications for achieving the MDGs. World Development, 36(8), 1317–1341.

Becker, G. S. (1964). Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education. New York, NY: Columbia University Press for the National Bureau of Economic Research.

Benhabib, J., & Spiegel, M. M. (1994). The role of human capital in economic development: Evidence from aggregate cross-country data. Journal of Monetary Economics, 34(2), 143–173.

Bloom, D. E., Canning, D., & Sevilla, J. (2004). The effect of health on economic growth: A production function approach. World Development, 32(1), 1–13.

Krueger, A. B., & Lindahl, M. (2001). Education for growth: Why and for whom? Journal of Economic Literature, 39(4), 1101–1136.

Lucas, R. E., Jr. (1988). On the mechanics of economic development. Journal of Monetary Economics, 22(1), 3–42.

Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. The Quarterly Journal of Economics, 107(2), 407–437.

Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. *CESifo Working Paper*, No. 1229.

Pritchett, L. (2001). Where has all the education gone? The World Bank Economic Review, 15(3), 367–391.

Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. Journal of Political Economy, 98(5, Part 2), S71–S102.

Schultz, T. P. (1999). Health and schooling investments in Africa. Journal of Economic Perspectives, 13(3), 67–88. https://doi.org/10.1257/jep.13.3.67

Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. The American Economic Review, 51(1), 1–17.

Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. The Quarterly Journal of Economics, 70(1), 65–94.

Taylor, M. P., & Sarno, L. (1998). The behavior of real exchange rates during the post-Bretton Woods period. *Journal of International Economics*, *46*(2), 281–312.

Ünver, M., & Doğru, B. (2015). Ekonomik kırılganlığın belirleyicileri: Kırılgan Beşli ülke örneği. Akdeniz İİBF Dergisi, 15(31), 1–24.

Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, *69*(6), 709–748. https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2007.00477.x

© 2026 ISARC Academy

TARİHÎ DEMİRYOLLARININ YENİDEN İŞLEVLENDİRİLMESİNDE PEYZAJ MİMARLIĞI YAKLAŞIMLARI: TÜRKİYE VE DÜNYA ÖRNEKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Yaren YARDIMCIOĞLU

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, 46000 Avşar, Kahramanmaraş

ORCID ID: 0009-0006-1028-5152

Dr. Öğr. Üyesi Esra ABACIOĞLU GİTMİŞ

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, 46000 Avşar, Kahramanmaraş

ORCID ID: 0000-0002-8327-6111

ÖZET

Tarihî demiryolları, ulaşım işlevlerinin sona ermesiyle birlikte kültürel mirasın korunması ve kentsel açık ve yeşil alanların geliştirilmesi açısından önemli yeniden işlevlendirme potansiyelleri sunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, tarihî demiryollarının yeniden işlevlendirilmesinde benimsenen peyzaj mimarlığı yaklaşımlarını Türkiye ve dünya örnekleri üzerinden karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Araştırma kapsamında dünyadan 10 ve Türkiye'den 5 olmak üzere toplam 15 demiryolu mirası yeniden işlevlendirme örneği incelenmiştir. Nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde doküman incelemesi ve karşılaştırmalı örnek olay analizi yöntemleri kullanılmıştır. İncelenen örnekler; yeni kullanım biçimleri, peyzaj karakterleri ve dönüşüm ölçekleri açısından sınıflandırılmış, elde edilen kategorik veriler frekans ve yüzde değerleri üzerinden karşılaştırılmıştır. Bulgular, dünya örneklerinin %80'inde kent parkı/açık yeşil alan, %60'ında yeşil yol kullanımının bulunduğunu ve %50'sinde rekreatif peyzaj karakterinin öne çıktığını göstermiştir. Dünya örneklerinde dönüşümlerin %50'si demiryolu koridoru, %50'si ise demiryolu sahası ölçeğinde gerçekleşmiştir. Türkiye örneklerinde kültür/sanat kullanımı %80, müze kullanımı %40 ve kültürel peyzaj karakteri %60 oranında belirlenmiş; yapı ve yakın çevresi ile demiryolu sahası ölçeğindeki dönüşümler %40'ar oranında temsil edilmiştir. Elde edilen bulgular, incelenen dünya örneklerinde açık ve yeşil alan, yeşil yol ve rekreasyon odaklı kullanımların; Türkiye örneklerinde ise kültürel işlevlerin daha belirgin olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, tarihî demiryolu mirasının yeniden işlevlendirilmesinde yapıların ve tarihî izlerin korunmasının yanı sıra demiryolu sahaları ve koridorlarının açık ve yeşil alan sistemleri, rekreasyon olanakları ve yaya-bisiklet bağlantılarıyla bütünleştirilmesi, kültürel mirasın korunması ile kentsel peyzajın geliştirilmesini bir araya getiren bütüncül bir peyzaj mimarlığı yaklaşımı olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yeniden işlevlendirme, endüstriyel miras, demiryolu mirası, yeşil yol, peyzaj mimarlığı.

LANDSCAPE ARCHITECTURE APPROACHES TO THE ADAPTIVE REUSE OF HISTORIC RAILWAYS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF CASE STUDIES FROM TÜRKİYE AND AROUND THE WORLD

ABSTRACT

Historical railways offer significant adaptive reuse potential for the preservation of cultural heritage and the development of urban open and green spaces following the cessation of their original transportation functions. This study aims to comparatively evaluate landscape architecture approaches adopted in the

© 2026 ISARC Academy

adaptive reuse of historical railways through examples from Türkiye and other countries. A total of 15 railway heritage adaptive reuse cases, including 10 international and 5 Turkish examples, were examined. Document analysis and comparative case study methods were employed within a qualitative research framework. The selected cases were classified according to their new uses, landscape characters, and transformation scales, and the resulting categorical data were compared using frequency and percentage distributions. The findings revealed that urban parks/open green spaces were present in 80% of the international cases, while greenways accounted for 60%, and recreational landscape character was predominant in 50%. Regarding transformation scales, 50% of the international cases involved railway corridors, while the remaining 50% involved railway yards. In the Turkish cases, cultural/artistic uses accounted for 80%, museum uses for 40%, and cultural landscape character for 60%. Transformations at the building and immediate surroundings scale and railway yard scale each represented 40% of the Turkish cases. The findings indicate that open and green spaces, greenways, and recreation-oriented uses were more prominent among the international cases, whereas cultural functions were more prevalent among the Turkish cases. In conclusion, the adaptive reuse of historical railway heritage requires an integrated landscape architecture approach that combines the preservation of historical structures and railway features with the integration of railway yards and corridors into urban open and green space systems, recreational opportunities, and pedestrian and cycling connections, thereby contributing to both cultural heritage conservation and the enhancement of urban landscapes.

Keywords: Adaptive reuse, industrial heritage, railway heritage, greenway, landscape architecture.

1. GİRİŞ

Sanayi Devrimi ile birlikte gelişen demiryolu sistemleri, kentlerin ulaşım altyapısının yanı sıra kentsel dokunun biçimlenmesinde, kentsel dinamiklerin gelişiminde ve sosyo-ekonomik yapının değişiminde önemli rol oynamıştır (Yıldız, 2019; Martínez-Corral et al., 2023). Gar binaları, ambarlar, peronlar, ray sistemleri ve diğer tamamlayıcı yapılarıyla birlikte demiryolu yerleşkeleri, inşa edildikleri dönemin kültürel ve teknolojik özelliklerinin izlerini taşımaktadır. Ancak zaman içerisinde ulaşım teknolojilerindeki değişimler ve kentlerin gelişimiyle demiryolu hatları da önemini yitirmeye başlamıştır. Günümüzde bazı demiryolları hâlen kullanılmakla birlikte, çok sayıda tarihi demiryolu kullanım dışı kalmış ve kentle olan işlevsel bağı zayıflamış ya da kesilmiştir (Yıldız, 2019; Afifi, 2022). Bu süreçte demiryolu yerleşkeleri, geçmişin izlerini günümüze taşıyan ve geçmiş ile günümüz arasında bağ kuran önemli miras alanları hâline gelmiştir (Kavut & Selçuk, 2022). Bu nedenle demiryolu mirasının; yapılar, açık alanlar, altyapı sistemleri ve demiryolu güzergâhlarının oluşturduğu mekânsal bütünlük içerisinde, yapı ölçeğinin ötesinde bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir (Yıldız, 2019; Eizaguirre-Iribar & Grijalba, 2020; Merciu et al., 2022; Martínez-Corral et al., 2023; Seyrek & Omay Polat, 2024).

Tarihi tren garlarının mekânsal ve kültürel değerlerinin korunarak güncel gereksinimlere uygun yeni kullanımlarla değerlendirilmesi, koruma ve dönüşümü birlikte ele alan yeniden işlevlendirme yaklaşımlarını öne çıkarmaktadır (Di Ruocco et al., 2017; Bianchi & De Medici, 2023; Fadhil & Al-Zaidi, 2023). Yeniden işlevlendirme, kullanım dışı kalan demiryolu yerleşkelerinin miras değerleri korunarak güncel gereksinimlere uyarlanmasına ve yeni kullanımlarla kente kazandırılmasına olanak sağlamaktadır (Kavut & Selçuk, 2022; Martínez-Corral et al., 2023). Aynı zamanda, bulunduğu çevreye sosyal, ekonomik ve kültürel katkılar sağlayarak dönüşümün kentsel ve bölgesel ölçekteki etkisini artırmaktadır (Vural, 2006; Geyyas Gören & Manisa, 2021; Afifi et al., 2022; Vardopoulos, 2023). Bunun yanı sıra, kolektif belleğin ve kent kimliğinin korunmasını destekleyerek kültürel mirasın gelecek kuşaklara aktarılmasını sağlamaktadır (Vardopoulos, 2023; Alp Koç & Sungur, 2025; Sukcharoenchit & Thumwimol, 2025). Bu açıdan tarihî tren garı yerleşkeleri, sahip oldukları miras değerleri korunarak rekreasyonel ve sosyal işlevlerle yeniden ele alınabilecek ve kent yaşamına kazandırılabilecek önemli kamusal alanlardır. Bu alanlara yönelik dönüşüm seçeneklerinin belirlenmesinde, mevcut arazi kullanımlarıyla uyum, maliyet, istihdam ve turizme katkı, potansiyel kullanıcılar ile çekim noktalarına erişim gibi ölçütlerin de birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (Ferretti & Degioanni, 2017).

© 2026 ISARC Academy

Demiryolu mirasının yeniden işlevlendirilmesine ilişkin araştırmalar (Uzun & Karabeyeser, 2018; Yıldız, 2019; Geyyas Gören & Manisa, 2021; Alp Koç & Sungur, 2025) çoğunlukla istasyon binaları gibi tekil yapılara odaklanırken, demiryolu ağlarını ve tren garı yerleşkelerini bütüncül bir şekilde ele alan dönüşüm örneklerinin (Tülek & Özdemir, 2019; Bianchi & De Medici, 2023; Martínez-Corral et al., 2023) daha sınırlı olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, demiryolu mirasının yapılarla sınırlı kalmadan farklı miras bileşenlerini de bir araya getiren yerleşkeler olarak ele alınması ve daha geniş ölçekte değerlendirilmesi vurgulanmaktadır (Brestov & Merdev, 2025).

Demiryolları ile içinde bulundukları peyzaj arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Demiryolları bir yandan içinden geçtikleri peyzajın algılanmasına olanak sağlarken, diğer yandan bu peyzajın biçimlenmesine ve dönüşümüne katkıda bulunmaktadır. Bu karşılıklı ilişki, peyzajın demiryolu mirasının değerlendirilmesinde önemli bir bileşen olarak ele alınmasını sağlamaktadır (Merciu et al., 2022). Bunun yanı sıra tarihî demiryolu güzergâhları, farklı kültürel ve mekânsal değerleri doğrusal bir sistem içerisinde birbirine bağlamaları nedeniyle "miras koridoru" ve "doğrusal peyzaj" kavramları çerçevesinde de değerlendirilmektedir (Merciu et al., 2022).

Kullanım dışı kalan demiryolu hatları veya yerleşkelerinde zaman içerisinde kendiliğinden gelişen bitki örtüsü ve ekolojik süreçler yeniden işlevlendirmede peyzajın karakterini biçimlendiren unsurlara dönüşebilmektedir. New York'ta kullanım dışı kalan bir demiryolu hattının kamusal parka dönüştürülmesiyle oluşturulan High Line'da, hattın kullanım dışı kaldığı dönemde kendiliğinden gelişen bitki örtüsü yeni peyzaj tasarımının önemli bir girdisi olmuştur (Abacıoğlu Gitmiş & Yardımcıoğlu, 2026). Bu örnek, demiryolu mirasının fiziksel izleri ile ekolojik süreçlerinin çağdaş peyzaj tasarımlarında birlikte değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Tarihî demiryollarının yeniden işlevlendirilmesinde müze ve kültürel kullanımların yaygın olarak benimsendiği görülmektedir. Bunun yanı sıra ticaret, turizm, sosyal ve rekreasyonel kullanımlar, spor alanları, kamusal parklar ve yeşil yollar gibi farklı işlevler de tercih edilmektedir (Bianchi & De Medici, 2023; Brestov & Merdev, 2025). Bu işlevler arasında, demiryolu güzergâhlarının doğrusal yapısından yararlanan açık ve yeşil alan kullanımları önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle demiryolu hatlarının lineer yeşil alanlara dönüştürülmesi; açık ve yeşil alan sürekliliğinin sağlanması ve ekolojik koridorların oluşturulması açısından önemli fırsatlar sunmaktadır (Bianchi & De Medici, 2023). Bu koridorların yeşil yol ve bisiklet güzergâhları olarak yeniden işlevlendirilmesi ise sürdürülebilir ve aktif hareketlilik sistemlerinin geliştirilmesine de katkı sağlamaktadır (Di Ruocco et al., 2017). Bu kapsamda Belçika ve İspanya'da kullanım dışı demiryolu hatlarının yeşil yol ağlarına dönüştürülmesi ve eski istasyon yapılarının müze, restoran ve bisiklet kiralama gibi yeni işlevlerle değerlendirilmesi dikkat çeken uygulamalar arasındadır (Ferretti & Degioanni, 2017). Benzer biçimde, New York'taki High Line ve Paris'teki Promenade Plantée, kullanım dışı demiryolu altyapılarının kamusal açık ve yeşil alanlara dönüştürülmesine yönelik öne çıkan örneklerdir (Mahadin, 2016; Ferretti & Degioanni, 2017). Türkiye'den, Bursa-Mudanya Demiryolu Hattı İşletme Binası'nın yeniden kullanım önerisinin İskele Meydanı Kentsel Tasarım Projesi kapsamında geliştirilmesi, tarihî demiryolu yapısının çevresiyle birlikte değerlendirilmesine yönelik başarılı örneklerden biridir (Vural et al., 2006). Demiryolu mirası dışında benzer bir yerleşke ölçeğindeki dönüşüm örneği olarak, İstanbul'daki Hasanpaşa Gazhanesi'nin endüstri mirası niteliği korunarak Müze Gazhane adıyla kültür ve sanat odaklı bir yaşam alanına dönüştürülmesi, tarihî bir endüstri yerleşkesinin yeni işlevlerle kent yaşamına kazandırılmasına yönelik önemli bir uygulamadır (Kavut & Selçuk, 2022).

Bu çerçevede, tarihî demiryolu yerleşkelerinin yeniden işlevlendirilmesinde benimsenen yaklaşımların peyzaj mimarlığı perspektifinden ele alınması önem taşımaktadır (Sukcharoenchit & Thumwimol, 2025). Bu doğrultuda çalışmanın amacı, Türkiye ve dünyada yeniden işlevlendirilmiş tarihî demiryolların yeni kullanım biçimleri, peyzaj karakterleri ve dönüşüm ölçeklerini ortaya koymaktır. Elde edilen bulgular doğrultusunda örnekler arasındaki benzerlik ve farklılıklar belirlenerek tarihî demiryolu mirasının yeniden işlevlendirilmesinde benimsenen peyzaj mimarlığı yaklaşımları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

© 2026 ISARC Academy

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Araştırmanın Materyali

Araştırmanın ana materyalini, Türkiye'den 5 ve dünyadan 10 olmak üzere toplam 15 demiryolu mirası yeniden işlevlendirme örneği oluşturmaktadır. Özgün demiryolu işlevini tamamen veya kısmen yitirmiş ve yeniden işlevlendirme uygulamalarıyla yeni kullanımlara kazandırılmış bu örnekler; eski demiryolu hatları ve koridorları, gar ve istasyon binaları, yük ve manevra sahaları, bakım ve onarım atölyeleri ile bunlara bağlı açık alanları kapsamaktadır. Örneklerin farklı mekânsal niteliklere sahip olması, demiryolu mirasının yapı, alan ve koridor ölçeklerindeki yeniden işlevlendirme biçimlerinin birlikte değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

Dünya örneklerinde demiryolu koridorlarının yeniden işlevlendirilmesine yönelik uygulamalardan biri olan High Line, eski yükseltilmiş demiryolu hattının fiziksel sürekliliği korunarak kamusal yeşil alana dönüştürülmesiyle demiryolu mirasının peyzaj yoluyla yeniden kullanımının önemli örneklerinden biri olmuştur (Mahadin, 2016). Atlanta BeltLine, kent merkezini çevreleyen yaklaşık 35 km uzunluğundaki tarihî demiryolu koridorunun parklar, çok amaçlı yürüyüş ve bisiklet yolları ile toplu taşıma bağlantılarını içeren bir kentsel yeşil altyapı sistemine dönüştürülmesini amaçlayan bir projedir (Weber et al., 2017). Coulée Verte René-Dumont, 1969 yılında kullanım dışı kalan Vincennes demiryolu hattının yaklaşık 4,7 km'lik güzergâhında, mevcut viyadük yapısının da değerlendirilmesiyle oluşturulmuş lineer park ve yaya güzergâhıdır (Heathcott, 2013; Mell, 2022). Gyeongui Line Forest Park, kullanım dışı kalan demiryolu koridorunun yürüyüş, dinlenme ve rekreasyon faaliyetlerine olanak sağlayan lineer bir parka dönüştürülmesiyle kentsel açık ve yeşil alan sistemine kazandırılmıştır (Yang & Yoo, 2016). The Goods Line ise eski yük demiryolu koridorunun kamusal alana dönüştürülmesiyle endüstriyel altyapının yeni kentsel kullanımlarla bütünleştirilmesine örnek oluşturmaktadır (Cheshmehzangi, 2025).

Eski demiryolu ve endüstri sahalarının yeniden işlevlendirilmesine yönelik örneklerden King's Cross-Coal Drops Yard, demiryoluyla taşınan kömürün boşaltılması ve depolanması amacıyla kullanılan tarihî endüstri yapılarının korunarak ticari ve kamusal kullanımlara kazandırılmasıyla yeniden işlevlendirilmiştir (Öztürk & Koramaz, 2020). Mayfield Park, eski demiryolu ve endüstri alanının ekolojik iyileştirme, peyzaj tasarımı ve rekreasyon işlevleri doğrultusunda kentsel parka dönüştürülmesiyle öne çıkmaktadır (Ai & Kim, 2024). Park am Gleisdreieck, eski demiryolu yük sahasının tarihsel ve doğal peyzaj özellikleri dikkate alınarak kamusal kullanıma açık bir kent parkı olarak düzenlenmiştir (van Dooren, 2019). Natur-Park Südgelände, kullanım dışı kalan demiryolu sahasında doğal süksesyonla gelişen bitki örtüsü ve biyolojik çeşitliliğin korunarak doğa koruma ile rekreasyon işlevlerinin bütünleştirildiği bir dönüşüm örneğidir (Kowarik & Langer, 2005). Canfranc International Railway Station ise tarihî gar binasının lüks otele dönüştürülmesi ve çevresindeki demiryolu alanlarının demiryolu bahçesi olarak düzenlenmesiyle turizm ve rekreasyon odaklı yeni işlevler kazanmıştır (Biel Ibáñez, 2025).

Türkiye örneklerinden Sirkeci-Kazlıçeşme Demiryolu Hattı, tarihî demiryolu koridorunun ulaşım işleviyle birlikte yaya ve bisiklet yolları, yeşil alanlar, meydanlar ve rekreasyon kullanımlarıyla yeniden düzenlenmesi bakımından diğer örneklerden ayrılmaktadır. Proje kapsamında 7,3 km yaya yolu, 7,3 km bisiklet yolu, 74.000 m² yeni yeşil alan ve toplam 122.550 m² meydan ve rekreasyon alanı oluşturulmuştur (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2024). CerModern, eski demiryolu bakım ve onarım atölyelerinin kültür ve sanat merkezine dönüştürülmesiyle endüstriyel mirasın korunarak yeni işlevlerle değerlendirilmesine örnek oluşturmaktadır (Merdim, 2012). Isparta Tren Garı Millet Bahçesi, tarihî depo ve lojman yapıları ile su kulesinin özgün nitelikleri korunarak kültürel, rekreatif ve turistik işlevlerle yeniden değerlendirildiği bir dönüşüm örneğidir (Tekin, 2025). Karaağaç Eski Tren Garı, tarihî gar binasının Trakya Üniversitesi Karaağaç Yerleşkesi kapsamında eğitim işlevi kazanmasıyla yeniden kullanıma açılmıştır (Zencirkıran, 2024). Çamlık Tren İstasyonu–Demiryolu Müzesi ise tarihî demiryolu alanında buharlı lokomotiflerin, vagonların ve demiryolu ekipmanlarının sergilendiği açık hava müzesi işleviyle demiryolu mirasının korunmasına ve kültürel turizme katkı sağlamaktadır (Geyyas Gören ve Manisa, 2021).

© 2026 ISARC Academy

İncelenen Türkiye ve dünya örnekleri, yeşil altyapı, rekreasyon, ekolojik koruma, kültür, eğitim ve turizm gibi farklı yeniden işlevlendirme yaklaşımlarını ve yapı, alan ve koridor ölçeklerindeki dönüşümleri temsil etmektedir. Araştırma kapsamında incelenen örneklerin genel özellikleri Tablo 1, bazı örneklere ait fotoğraflar ise Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1. İncelenen tarihî demiryollarının genel özellikleri

Örnek	Ülke / Kent	Özgün kullanım
High Line	ABD / New York	Yükseltilmiş yük demiryolu hattı
Atlanta BeltLine – Eastside Trail	ABD / Atlanta	Yük demiryolu koridoru
King's Cross – Coal Drops Yard	İngiltere / Londra	Kömür boşaltma ve depolama tesisleri
Mayfield Park	İngiltere / Manchester	Yolcu istasyonu ve sonrasında parsel deposu
Park am Gleisdreieck	Almanya / Berlin	Yük istasyonları ve demiryolu sahası
Natur-Park Südgelände	Almanya / Berlin	Manevra ve bakım demiryolu sahası
Coulée Verte René-Dumont	Fransa / Paris	Demiryolu hattı
Gyeongui Line Forest Park	Güney Kore / Seul	Demiryolu hattı
The Goods Line	Avustralya / Sidney	Yük demiryolu hattı
Canfranc International Railway Station and Railway Area	İspanya / Canfranc	Uluslararası tren garı ve demiryolu kompleksi
Sirkeci–Kazlıçeşme Demiryolu Hattı	Türkiye / İstanbul	Yolcu ve banliyö demiryolu hattı
CerModern	Türkiye / Ankara	Demiryolu bakım ve onarım atölyeleri
Isparta Tren Garı Millet Bahçesi	Türkiye / Isparta	Yolcu/yük garı ve demiryolu yerleşkesi
Karaağaç Eski Tren Garı	Türkiye / Edirne	Yolcu garı ve demiryolu yapıları
Çamlık Tren İstasyonu – Demiryolu Müzesi	Türkiye / İzmir	Tren istasyonu ve demiryolu yerleşkesi

Araştırmanın yardımcı materyallerini, incelenen alanlara ilişkin bilimsel yayınlar, proje raporları, ilgili kurum ve kuruluşların resmî internet siteleri, uygulama projelerine ilişkin tanıtım dokümanları ile erişilebilir yazılı ve görsel kaynaklar oluşturmaktadır. Bu kaynaklardan elde edilen bilgiler, tarihî demiryollarının özgün kullanım özelliklerinin, yeniden işlevlendirme yaklaşımlarının ve peyzaj karakterlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.



Şekil 1. Türkiye ve dünyada yeniden işlevlendirilmiş tarihî demiryollarından örnekler: (a) High Line (ABD), (b) Park am Gleisdreieck (Almanya), (c) CerModern (Türkiye), (d) Karaağaç Eski Tren Garı (Türkiye). Kaynak: (a) TrailLink (2017); (b) Barselona Uluslararası Peyzaj Bienali (t.y.); (c) Uygur Architects (t.y.); (d) Türkiye Routes (t.y.).

2.2. Araştırmanın Yöntemi

Araştırmada, nitel araştırma yaklaşımı kapsamında doküman incelemesi ve karşılaştırmalı örnek olay analizi yöntemleri kullanılmıştır. Araştırma süreci; örneklerin belirlenmesi, verilerin derlenmesi, sınıflandırılması ve karşılaştırmalı analizi olmak üzere dört aşamada yürütülmüştür.

İlk aşamada, amaçlı örnekleme yöntemiyle tarihî demiryolu mirası niteliği taşıyan, yeniden işlevlendirme uygulaması tamamlanmış ve yeni kullanım biçimiyle hizmete açılmış, peyzaj düzenlemeleri ve kamusal kullanım alanları içeren örnekler belirlenmiştir. Farklı dönüşüm ölçeklerini temsil etmeleri ve karşılaştırılabilir verilere erişilebilmesi de seçim ölçütleri arasında yer almıştır. Bu doğrultuda dünyadan 10, Türkiye'den 5 olmak üzere toplam 15 örnek incelenmiştir.

İkinci aşamada, seçilen örneklere ilişkin veriler bilimsel yayınlar, proje raporları, resmî kurum kaynakları ve görsel dokümanlar üzerinden derlenmiştir. Bu kaynaklar aracılığıyla örneklerin özgün işlevleri, yeni kullanım biçimleri, peyzaj karakterleri ve dönüşüm ölçeklerine ilişkin bilgiler elde edilmiştir.

Üçüncü aşamada, derlenen veriler üç temel ölçüte göre sınıflandırılmıştır. Yeni kullanım biçimleri sekiz kategoride (kent parkı/açık yeşil alan, yeşil yol, kültür/sanat, müze, kent meydanı/etkinlik alanı, ticari kullanım, eğitim/atölye ve spor/aktif rekreasyon); peyzaj karakterleri dört kategoride (doğal, kültürel, rekreatif ve karma); dönüşüm ölçekleri ise üç kategoride (yapı ve yakın çevresi, demiryolu sahası ve demiryolu koridoru) değerlendirilmiştir. Yeni kullanım biçimleri, bir örnekte birden fazla işlev bulunabilmesi nedeniyle çoklu kodlama yöntemiyle sınıflandırılmış; peyzaj karakteri ve dönüşüm ölçeği ise her örnek için tek kategori üzerinden değerlendirilmiştir.

Dördüncü aşamada, sınıflandırılan veriler Türkiye ve dünya örnekleri açısından karşılaştırılmış ve kategorilerin frekans (n) ve yüzde (%) dağılımları hesaplanmıştır. Yüzdeler, ilgili kategorideki örnek sayısının grup toplamına (dünya n=10; Türkiye n=5) oranlanmasıyla elde edilmiştir. Yeni kullanım biçimlerinde çoklu kodlama uygulandığından, bu kategorilere ait yüzdelerin toplamı %100'ü aşabilmektedir. Elde edilen bulgular tablo ve grafiklerle sunularak Türkiye ve dünya örnekleri arasındaki yeniden işlevlendirme yaklaşımları peyzaj mimarlığı açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Yeni kullanım biçimlerinin sınıflandırılmasında, incelenen alanlarda belgelenmiş ve yeniden işlevlendirme uygulaması kapsamında oluşturulmuş işlevler esas alınmıştır. Spor/aktif rekreasyon kategorisinde özel olarak düzenlenmiş spor, oyun ve egzersiz alanları; kent meydanı/etkinlik alanı kategorisinde ise kamusal toplanma ve etkinlik kullanımına yönelik düzenlenmiş açık alanlar değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Yeniden İşlevlendirme ve Peyzaj Yaklaşımları

İncelenen 15 tarihî demiryolunda kent parkı/açık yeşil alan, yeşil yol, kültür/sanat, müze, kent meydanı/etkinlik alanı, ticari kullanım, eğitim/atölye ve spor/aktif rekreasyon işlevleri belirlenmiştir. Örneklerin peyzaj karakterleri doğal, kültürel, rekreatif ve karma; dönüşüm ölçekleri ise yapı ve yakın çevresi, demiryolu sahası ve demiryolu koridoru olarak farklılık göstermektedir. İncelenen örneklerin yeni kullanım biçimleri, peyzaj karakterleri ve dönüşüm ölçekleri Tablo 2'de, yeni kullanım biçimlerinin dağılımı ise Şekil 2'de verilmiştir.

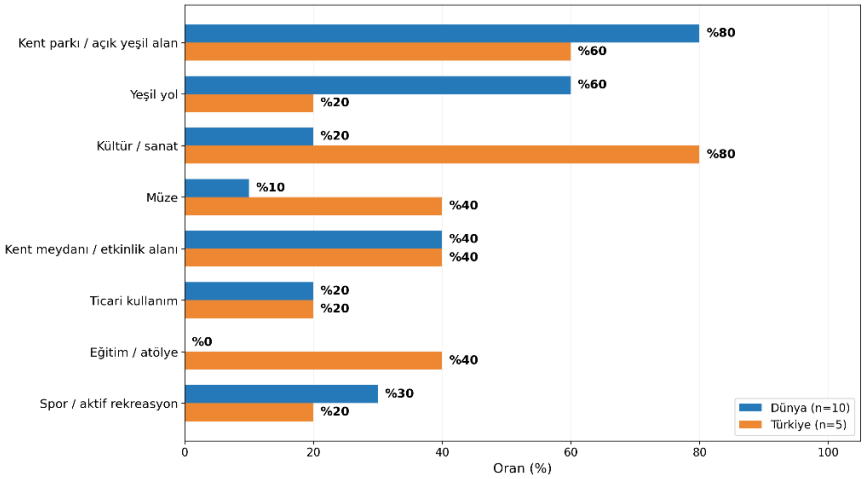
© 2026 ISARC Academy

Tablo 2. İncelenen tarihî demiryollarının yeniden işlevlendirme durumları

Örnek	Yeni Kullanım Biçimi	Peyzaj Karakteri	Dönüşüm Ölçeği
High Line	Kent parkı/açık yeşil alan; yeşil yol	Rekreatif	Demiryolu koridoru
Atlanta BeltLine (Eastside Trail)	Yeşil yol; kent parkı/açık yeşil alan; spor/aktif rekreasyon; kültür/sanat	Karma	Demiryolu koridoru
King's Cross (Coal Drops Yard)	Ticari kullanım; kent meydanı/etkinlik alanı; kültür/sanat; tarihî miras sergisi	Karma	Demiryolu sahası
Mayfield Park	Kent parkı/açık yeşil alan; spor/aktif rekreasyon; kent meydanı/etkinlik alanı	Karma	Demiryolu sahası
Park am Gleisdreieck	Kent parkı/açık yeşil alan; spor/aktif rekreasyon; yeşil yol; müze demiryolu hattı	Rekreatif	Demiryolu sahası
Natur-Park Südgelände	Kent parkı/açık yeşil alan; kültür/sanat; demiryolu mirası açık hava sergisi	Doğal	Demiryolu sahası
Coulée Verte René-Dumont	Yeşil yol; kent parkı/açık yeşil alan	Rekreatif	Demiryolu koridoru
Gyeongui Line Forest Park	Kent parkı/açık yeşil alan; yeşil yol	Rekreatif	Demiryolu koridoru
The Goods Line	Yeşil yol; kent parkı/açık yeşil alan; kent meydanı/etkinlik alanı; spor/aktif rekreasyon	Rekreatif	Demiryolu koridoru
Canfranc International Railway Station and Railway Area	Ticari kullanım; kent parkı/açık yeşil alan; kent meydanı/etkinlik alanı	Kültürel	Demiryolu sahası
Sirkeci–Kazlıçeşme Demiryolu Hattı	Yeşil yol; kent parkı/açık yeşil alan; spor/aktif rekreasyon; kültür/sanat; kent meydanı/etkinlik alanı	Rekreatif	Demiryolu koridoru
CerModern	Kültür/sanat; eğitim/atölye; kent meydanı/etkinlik alanı	Kültürel	Yapı ve yakın çevresi
Isparta Tren Garı Millet Bahçesi	Kent parkı/açık yeşil alan; kültür/sanat; ticari kullanım	Karma	Demiryolu sahası
Karağaç Eski Tren Garı	Eğitim/atölye; kültür/sanat; müze	Kültürel	Yapı ve yakın çevresi
Çamlık Tren İstasyonu (Demiryolu Müzesi)	Müze; kent parkı/açık yeşil alan	Kültürel	Demiryolu sahası

Tablo 2 incelendiğinde, tarihî demiryollarının yeniden işlevlendirilmesinde farklı kullanım biçimlerinin, peyzaj karakterlerinin ve dönüşüm ölçeklerinin öne çıktığı görülmektedir. Dünya örneklerinde High Line, Coulée Verte René-Dumont ve Gyeongui Line Forest Park gibi eski demiryolu koridorları ağırlıklı olarak yeşil yol ve kamusal açık yeşil alan kullanımlarıyla yeniden işlevlendirilirken, King's Cross ve Mayfield Park gibi geniş demiryolu sahalarında rekreasyonel, kültürel ve ticari kullanımların bir arada bulunduğu görülmektedir. Park am Gleisdreieck rekreatif, Natur-Park Südgelände ise doğal peyzaj karakteriyle öne çıkmaktadır. Türkiye örneklerinde Sirkeci-Kazlıçeşme Demiryolu Hattı rekreatif, CerModern, Karaağaç Eski Tren Garı ve Çamlık Tren İstasyonu kültürel, Isparta Tren Garı Millet Bahçesi ise karma peyzaj karakteriyle dikkat çekmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, demiryolu koridorlarında yeşil yol ve rekreasyonel kullanımların, geniş demiryolu sahalarında çok işlevli kamusal alanların, yapı ve yakın çevresi ölçeğinde ise kültürel işlevlerin öne çıktığı belirlenmiştir.

© 2026 ISARC Academy

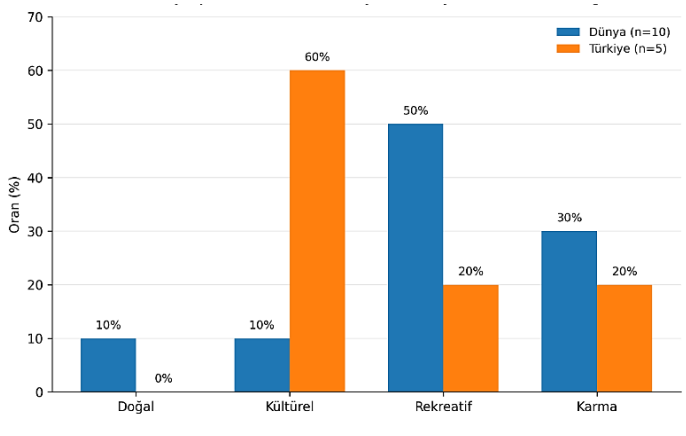


Şekil 2. Türkiye ve dünya örneklerinde yeniden işlevlendirme biçimlerinin dağılımı

Dünya örneklerinde en yaygın yeniden işlevlendirme biçiminin kent parkı/açık yeşil alan (%80) olduğu, bunu yeşil yol (%60), kent meydanı/etkinlik alanı (%40), spor/aktif rekreasyon (%30) ve kültür/sanat (%20) kullanımlarının izlediği belirlenmiştir. Türkiye örneklerinde ise kültür/sanat (%80) ilk sırada yer alırken, kent parkı/açık yeşil alan (%60), müze, eğitim/atölye ve kent meydanı/etkinlik alanı (%40'ar) kullanımları öne çıkmaktadır. Yeşil yol kullanımının dünya örneklerinde %60, Türkiye örneklerinde ise %20 oranında görülmesi, incelenen dünya örneklerinde demiryolu koridorlarının yeşil ulaşım ve rekreasyon bağlantıları olarak değerlendirilmesinin daha yaygın olduğunu göstermektedir. Genel olarak bulgular, dünya örneklerinde açık ve yeşil alan ile rekreasyon odaklı, Türkiye örneklerinde ise kültürel işlevlere yönelik yeniden kullanım yaklaşımlarının daha belirgin olduğunu ortaya koymaktadır.

3.2. Yeniden İşlevlendirilmiş Demiryollarının Peyzaj Karakterleri

İncelenen yeniden işlevlendirilmiş demiryollarının peyzaj karakterlerine göre dağılımı Şekil 3'te sunulmuştur. Dünya örneklerinde rekreatif karakterin (%50) ağırlık kazandığı, bunu karma (%30), doğal ve kültürel karakterlerin (%10'ar) izlediği belirlenmiştir. Türkiye örneklerinde ise kültürel karakter (%60) öne çıkarken, rekreatif ve karma karakterlerin %20'şer oranında temsil edildiği, doğal karakterin ise incelenen örneklerde baskın olmadığı görülmektedir. Bu bulgular, incelenen dünya örneklerinde rekreasyon odaklı peyzaj düzenlemelerinin, Türkiye örneklerinde ise tarihî ve kültürel mirası ön plana çıkaran yeniden işlevlendirme yaklaşımlarının daha belirgin olduğunu ortaya koymaktadır.



Not: Her örnek tek bir baskın peyzaj karakteriyle sınıflandırılmıştır.

Şekil 3. Yeniden işlevlendirilmiş demiryollarının Türkiye ve dünya örneklerinde peyzaj karakterlerinin dağılımı

3.3. Yeniden İşlevlendirilmiş Demiryollarının Dönüşüm Ölçekleri

İncelenen örneklerin dönüşüm ölçekleri değerlendirildiğinde, dünya örneklerinde demiryolu sahası ve demiryolu koridoru ölçeğindeki dönüşümlerin %50'şer oranında temsil edildiği belirlenmiştir. Türkiye örneklerinde ise yapı ve yakın çevresi ile demiryolu sahası ölçeğindeki dönüşümler %40'ar, demiryolu koridoru ölçeğindeki dönüşümler ise %20 oranında gerçekleşmiştir. Bu bulgular, incelenen dünya örneklerinde daha geniş demiryolu sahaları ve doğrusal koridorların yeniden işlevlendirilmesinin öne çıktığını, Türkiye örneklerinde ise yapı ve yakın çevresi ile demiryolu sahası ölçeğindeki uygulamaların daha belirgin olduğunu göstermektedir.

4. TARTIŞMA

Bu çalışma, tarihî demiryolu alanlarının yeniden işlevlendirilmesinde Türkiye ve dünya örnekleri arasında yeni kullanım biçimleri, peyzaj karakterleri ve dönüşüm ölçekleri açısından farklı yaklaşımların benimsendiğini ortaya koymuştur. İncelenen dünya örneklerinde kent parkı, açık ve yeşil alan ile yeşil yol kullanımları öne çıkarken, Türkiye örneklerinde kültür, sanat ve müze işlevlerinin ağırlık kazandığı belirlenmiştir. Geyyas Gören ve Manisa (2021), Avrupa ve Türkiye'den inceledikleri 32 demiryolu yapısının 25'inde demiryolu müzesi işlevinin tercih edildiğini belirlemiştir. Bu sonuç, mevcut araştırmada Türkiye örneklerinde kültürel işlevlerin öne çıkmasıyla benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte, Geyyas Gören ve Manisa'nın (2021) çalışması demiryolu yapılarının işlevsel dönüşümüne ve yapısal müdahalelerine odaklanırken, mevcut araştırmada demiryolu sahaları ve koridorları da değerlendirilmiştir. Bu farklılık, demiryolu mirasının yeniden işlevlendirilmesinde yapı ölçeğinin yanı sıra açık alan ve peyzaj odaklı yaklaşımların da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Dünya örneklerinde rekreatif peyzaj karakterinin ve yeşil yol kullanımlarının öne çıkması, kullanım dışı demiryolu alanlarının kentsel açık ve yeşil alan sistemleriyle bütünleştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Sukcharoenchit ve Thumwimol (2025), Hua Lamphong–Bang Sue demiryolu koridorunun doğrusal park olarak yeniden değerlendirilmesinin kentsel bağlantılılığı güçlendirme, yaya ve bisiklet ulaşımını destekleme ve kamusal yeşil alanları artırma potansiyeline dikkat çekmiştir. Bu yaklaşım, mevcut araştırmada dünya örneklerinde belirlenen açık ve yeşil alan ile yeşil yol kullanımlarıyla örtüşmektedir. Benzer şekilde Tülek ve Özdemir (2019), Çankırı Tarihi Tren Garı'nın estetik, ekolojik, ekonomik ve kültürel peyzaj değerlerini değerlendirerek alanın yeşil alan, müze ve atölye gibi farklı işlevlerle yeniden kullanılabileceğini belirtmiştir. Her iki çalışma da demiryolu mirasının korunması ile yeni kamusal kullanımların birlikte ele alınabileceğini desteklemektedir. Mevcut araştırmada Türkiye örneklerinde kültürel peyzaj karakterinin, dünya örneklerinde ise rekreatif peyzaj karakterinin daha belirgin olması, bu çok yönlü yeniden işlevlendirme potansiyelinin incelenen örneklerde farklı kullanım öncelikleriyle karşılık bulduğunu göstermektedir.

Yeniden işlevlendirme yaklaşımlarındaki bir diğer farklılık, dönüşümün mekânsal ölçeğinde ortaya çıkmaktadır. Dünya örneklerinde demiryolu sahası ve koridoru ölçeğindeki dönüşümler eşit oranda (%50'şer) temsil edilirken, Türkiye örneklerinde yapı ve yakın çevresi ile demiryolu sahası ölçeğindeki dönüşümler %40'ar oranında eşit temsil edilmiştir. Manel ve Akram (2024) ise Biskra Tren Garı'nın tarihî, mimari ve sosyal değerlerinin yanı sıra kentin mekânsal gelişimini biçimlendiren bir peyzaj değerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışma, demiryolu mirasının yalnızca tekil yapılar üzerinden değil, çevresiyle kurduğu mekânsal ilişkiler ve peyzaj özellikleriyle birlikte değerlendirilmesinin önemini desteklemektedir.

Demiryolu mirasının fiziksel izlerinin korunması, yeniden işlevlendirme sonrasında alanın tarihî kimliğinin sürdürülebilmesi açısından önem taşımaktadır. Merciu ve ark. (2022), Romanya'daki Oravița–Anina demiryolunun tarihî, teknolojik, mimari ve estetik değerlerinin korunarak turizm amaçlı

© 2026 ISARC Academy

kullanılmasını ele almıştır. Benzer şekilde, High Line örneğini inceleyen Abacıoğlu Gitmiş ve Yardımcıoğlu (2026), demiryolu strüktürünün büyük ölçüde korunduğunu ve terk edilme döneminde gelişen spontan vejetasyonun yeni bitkilendirme tasarımına referans oluşturduğunu belirlemiştir. Bu çalışmalar, demiryolu mirasının fiziksel izlerinin ve peyzaj özelliklerinin yeniden işlevlendirme sürecinde birlikte değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, incelenen Türkiye örneklerinde kültürel işlevlerin belirgin olmasına karşılık yeşil yol, aktif rekreasyon ve demiryolu koridoru ölçeğindeki dönüşümlerin daha sınırlı temsil edildiği görülmektedir. Bu durum, Türkiye'deki kullanım dışı demiryolu alanlarının gelecekteki yeniden işlevlendirme çalışmalarında peyzaj mimarlığı açısından değerlendirilebilecek farklı olanaklara işaret etmektedir. Özellikle demiryolu koridorlarının tarihî izleri korunarak yaya ve bisiklet bağlantıları, doğrusal yeşil alanlar ve rekreasyon kullanımlarıyla bütünleştirilmesi, kültürel mirasın korunması ile kentsel açık ve yeşil alan sistemlerinin geliştirilmesini bir araya getirebilir. Dolayısıyla tarihî demiryolu alanlarının yeniden işlevlendirilmesinde yapıların korunması, peyzaj karakterinin değerlendirilmesi ve mekânsal bağlantılılığın sağlanmasının bütüncül bir yaklaşımla ele alınması önem taşımaktadır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye'den 5 ve dünyadan 10 olmak üzere toplam 15 tarihî demiryolu alanı; yeni kullanım biçimleri, peyzaj karakterleri ve dönüşüm ölçekleri açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, tarihî demiryolu alanlarının yeniden işlevlendirilmesinde Türkiye ve dünya örnekleri arasında kullanım öncelikleri ve peyzaj yaklaşımları bakımından belirgin farklılıklar bulunduğunu ortaya koymuştur.

İncelenen dünya örneklerinin %90'ında kent parkı/açık yeşil alan kullanımının bulunması, yeşil yol kullanımının %60 ve rekreatif peyzaj karakterinin %50 oranında temsil edilmesi, demiryolu alanlarının kamusal açık alan ve rekreasyon odaklı dönüşümünü ortaya koymaktadır. Türkiye örneklerinde ise kültür/sanat kullanımının %80, müze kullanımının %40, kültürel peyzaj karakterinin ise %60 oranında belirlenmesi, yeniden işlevlendirmede kültürel mirasın yeni işlevlerle değerlendirilmesinin daha belirgin olduğunu göstermiştir. Bu farklılık, incelenen örneklerde demiryolu mirasının hem kültürel hem de rekreatif kullanımlarla kent yaşamına yeniden kazandırılabildiğini ortaya koymaktadır. Genel olarak tablo, incelenen dünya örneklerinde yeşil alan ve rekreasyon odaklı, Türkiye örneklerinde ise kültürel mirasın yeniden kullanımına yönelik yaklaşımların daha belirgin olduğunu göstermektedir.

Araştırma sonuçları doğrultusunda, Türkiye'deki tarihî demiryolu alanlarının yeniden işlevlendirilmesinde kültürel kullanımların yanı sıra açık ve yeşil alan, yeşil yol ve aktif rekreasyon işlevlerinin geliştirilmesi önerilmektedir. Özellikle kullanım dışı demiryolu koridorlarının tarihî izleri korunarak yaya ve bisiklet güzergâhlarıyla bütünleştirilmesi, kentsel yeşil alan sürekliliğinin ve mekânsal bağlantılılığın güçlendirilmesine katkı sağlayabilir. Bu kapsamda yeniden işlevlendirme kararlarının yalnızca tarihî yapıların korunmasıyla sınırlandırılmaması; demiryolu sahaları, koridorları, mevcut peyzaj özellikleri ve kamusal kullanım gereksinimlerinin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak çalışma, tarihî demiryolu mirasının korunması ile peyzaj mimarlığı yaklaşımlarının bütünleştirilmesinin, kullanım dışı demiryolu alanlarının kent yaşamına yeniden kazandırılmasında önemli olanaklar sunduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, araştırmanın amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilen 15 alanla sınırlı olması nedeniyle elde edilen sonuçlar Türkiye ve dünya genelindeki tüm yeniden işlevlendirme uygulamalarına genellenmemelidir. Gelecek çalışmalarda farklı örneklerin yanı sıra kullanıcı gereksinimleri, ekolojik katkılar ve kentsel bağlantılılık gibi ölçütlerin değerlendirilmesinin, tarihî demiryolu alanlarına yönelik daha kapsamlı yeniden işlevlendirme yaklaşımlarının geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

© 2026 ISARC Academy

KAYNAKLAR

Abacıoğlu Gitmiş, E., & Yardimcioğlu, Y. (2026). Transformation of an obsolete railway heritage into an urban landscape: The High Line case. ArtGRID - *Journal of Architecture Engineering and Fine Arts*, 8(1), 111-124. https://doi.org/10.57165/artgrid.1896618

Ai, J., & Kim, M. (2024). Spatial remodeling of industrial heritage from the perspective of urban renewal: A case study of coal mine site in Jiaozuo City. *Land*, 13(11), Article 1901. https://doi.org/10.3390/land13111901

Afifi, O. H., Shalaby, H. A., & Hegazi, Y. S. (2022). The impact of local community participation on the success of heritage buildings adaptive reuse projects (Vol. 11, Issue 02). *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. https://www.ijert.org/research/the-impact-of-local-community-participation-on-the-success-of-heritage-buildings-adaptive-reuse-projects-IJERTV11IS020154.pdf

Alp Koç, H., & Sungur, M. (2025). Analysis of Historical Lodgings within the Scope of Railway Heritage; Konya-Çumra Example. *Urban 21 Journal*, 3(2), 1-18. https://izlik.org/JA78DK63YH

Ayuntamiento de Canfranc. (t.y.). La Estación Internacional de Ferrocarril de Canfranc: Edificio histórico. https://www.canfranc.es/turismo_canfranc_pirineos.php?idRec=5

Berlin.de. (2025, 6 Haziran). Park am Gleisdreieck. https://www.berlin.de/en/parks-and-gardens/2000288-4407152-park-am-gleisdreieck.en.html

Bianchi, A., & De Medici, S. (2023). A Sustainable Adaptive Reuse Management Model for Disused Railway Cultural Heritage to Boost Local and Regional Competitiveness. *Sustainability*, 15(6), 5127. https://doi.org/10.3390/su15065127

Biel Ibáñez, M. P. (2025). La estación internacional de Canfranc (Huesca): De conjunto ferroviario a hotel de gran lujo. *Identidades: Territorio, Cultura, Patrimonio*, 14. https://doi.org/10.5821/id.13744

Biennal Internacional de Paisatge de Barcelona. (t.y.). Park am Gleisdreieck.

Brestov, A. L., & Merdev, M. (2025). Post-industrial cultural tourism: The Trans-Siberian Railway and the reuse of former industrial sites in Siberia. *Journal of Tourism Theory and Research*, 11(2), 65–74. https://doi.org/10.24288/jttr.1724843

Cheshmehzangi, A. (2025). From tracks to commons: The Goods Line and adaptive urbanism in Sydney, Australia. In *Resourceful urbanism*: *Designing regenerative cities through adaptive reuse and circular innovation* (pp. 49–61). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-95-4138-6_4

Di Ruocco, G., Sicignano, E., Fiore, P., & D'Andria, E. (2017). Sustainable reuse of disused railway. *Procedia Engineering*, 180, 1643–1652. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.327

Eizaguirre-Iribar, A., & Grijalba, O. (2020). A methodological proposal for the analysis of disused railway lines as territorial structuring elements: The case study of the Vasco-Navarro railway. *Land Use Policy*, 91, Article 104406. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104406

Fadhil, R. A., & Al-Zaidi, S. M. (2023). Community participation's role in the sustainability of adaptive reuse. *AIP Conference Proceedings*, 2651, 020060. https://doi.org/10.1063/5.0105633

Ferretti, V., & Degioanni, A. (2017). How to support the design and evaluation of redevelopment projects for disused railways? A methodological proposal and key lessons learned. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 29-48. https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.02.008

Friends of the High Line. (t.y.). High Line fact sheet [Bilgi notu]. https://files.thehighline.org/pdf/high_line_fact_sheet.pdf

Gastil, R. (2013). Prospect parks: Walking the Promenade Plantée and the High Line. *Studies in the History of Gardens & Designed Landscapes*, 33(4), 280–289. https://doi.org/10.1080/14601176.2013.807650

© 2026 ISARC Academy

Geyyas Gören, L. F., & Manisa, K. (2021). Demiryolu Yapılarının Kullanım Dönüşümünde İşlevsel Olasılıklar ve Yapısal Müdahaleler. *Mimarlık ve Yaşam*, 6(3), 879-897. https://doi.org/10.26835/my.948751

Heathcott, J. (2013). The Promenade Plantée: Politics, planning, and urban design in postindustrial Paris. *Journal of Planning Education and Research*, 33(3). https://doi.org/10.1177/0739456X13487927

Kavut, İ. E., & Selçuk, H. E. (2022). Tarih Endüstri Yapılarının Yeniden İşlevlendirilmesinde Parazit Mimari Kullanımı: Santral İstanbul ve Müze Gazhane. *MSGSÜ Sosyal Bilimler*, 1(25), 198-220. https://doi.org/10.56074/msgsusbd.1123845

King's Cross. (2018, 18 Temmuz). Coal Drops Yard to open to the public on Friday 26 October 2018. https://www.kingscross.co.uk/press/2018/07/18/coal-drops-yard-to-open-to-the-public-on-friday-26-october-2018

Kowarik, I., & Langer, A. (2005). Natur-Park Südgelände: Linking conservation and recreation in an abandoned railyard in Berlin. In I. Kowarik & S. Körner (Eds.), *Wild urban woodlands: New perspectives for urban forestry* (pp. 287–299). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-26859-6_18

Mahadin, Y. (2016). Park design and user behavior pattern: A case study of the High Line Park in New York [Master's thesis, Mississippi State University]. Scholars Junction.

Manel, N., & Akram, K. (2024). Heritage values and historical significance of the colonial railway built at the Algerian Sahara's gateway. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 15(2), 1–18. https://doi.org/10.36941/mjss-2024-0008

Martínez-Corral, A., Cárcel-Carrasco, J., Fonseca, F.C., & Kannampallil, F.F. (2023). Urban–Spatial Analysis of European Historical Railway Stations: Qualitative Assessment of Significant Cases. *Buildings*, 13(1), 226. https://doi.org/10.3390/buildings13010226

Merdim, E. (2012, 26 Aralık). CerModern. *Arkitera*. https://www.arkitera.com/proje/cer-modern/

Merciu, F.-C., Păunescu, C., Dorobanțu, M., & Merciu, G.-L. (2022). Assessing the value of railway heritage for sustainable development: The case study of the Oravița–Anina Railway, Romania. *Sustainability*, 14(20), 13262. https://doi.org/10.3390/su142013262

Öztürk, S. S., & Koramaz, E. K. (2020). Endüstri mirasının yeniden işlevlendirilmesi ve Londra Coal Drops Yard Alışveriş Merkezi örneği. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji Ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 3(1), 121-135. https://izlik.org/JA85NB99EW

Seyrek, Ş., & Omay Polat, E. E. (2024). Learning from Swindon Railway Town: A comparative study with Alsancak Railway Campus. Megaron, 19(2), 161–183. https://doi.org/10.14744/megaron.2024.21208

Sukcharoenchit, A. & Thumwimol, V. (2025). Adaptive reuse guidelines for the railway line corridor from Hua Lamphong Station to Bang Sue Station as urban public green space. Sarasatr: *Journal of Architecture and Design*, 8(1). https://so05.tci-thaijo.org/index.php/sarasatr/article/view/278896

Tekin, Y. (2025). Endüstri mirasının turizm amaçlı canlandırılması: Isparta Millet Bahçesi. *Turkish Journal of Forest Science*, 9(1), 25-42. https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1663323

TrailLink. (2017, 20 Aralık). High Line at the Rail Yards [Fotoğraf; Iwan Baan]. https://www.traillink.com/trail-gallery/the-high-line/

Tülek, B., & Özdemir, A. (2019). Kentsel peyzajlarda endüstri miraslarının önemi: Çankırı tarihi tren garı örneği. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*. https://doi.org/10.16950/iujad.580409

Türkiye Routes. (t.y.). Historical Karaağaç Train Station [Fotoğraf galerisi]. https://turkiyeroutes.com/historical/historical-karaagac-train-station#gallery-5

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2024, 26 Şubat). Sirkeci-Kazlıçeşme raylı sistem hattı Cumhurbaşkanı Erdoğan tarafından hizmete açıldı. https://www.uab.gov.tr/haberler/sirkeci-kazlicesme-rayli-sistem-hatti-cumhurbaskani-erdogan-tarafindan-hizmete-acildi/

© 2026 ISARC Academy

Uygur Architects. (t.y.). CER Modern Arts Centre [Fotoğraflar: Cemal Emden]. Divisare. https://divisare.com/projects/428094-uygur-architects-cemal-emden-cer-modern-arts-centre

Uzun, T., & Karabeyeser, M. (2018). Gaziantep Tren Garı ve Yeniden İşlevlendirme Önerileri Üzerine Bir Değerlendirme. *FSM İlmi Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 12, 309-347. https://doi.org/10.16947/fsmia.502864

Van Dooren, N. (2019). Park am Gleisdreieck, a dialectical narrative. *Journal of Landscape Architecture*, 14(1), 30–43. https://doi.org/10.1080/18626033.2019.1623544

Vardopoulos, I. (2023). Adaptive reuse for sustainable development and land use: A multivariate linear regression analysis estimating key determinants of public perceptions. *Heritage*, 6(2), 809–828. https://doi.org/10.3390/heritage6020045

Vural, T., Dostoğlu, N., & Ediz, Ö. (2006). Bursa-Mudanya Demiryolu Hattı İşletme Binası için yeniden kullanım önerisi: Mudanya'da sosyal ve kültürel merkez. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(2), 103–110.

Weber, S., Boley, B. B., Palardy, N., & Gaither, C. J. (2017). The impact of urban greenways on residential concerns: Findings from the Atlanta BeltLine Trail. *Landscape and Urban Planning*, 167, 147–156. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.06.009

Yang, S.-Y., & Yoo, S.-Y. (2016). Behavior patterns in an urban linear park, reusing the abandoned railroad: Focused on Gyeongui-Line Forest Park in Seoul. *Urban Design*, 17(1), 101–115. https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART002082555

Yıldız, A. (2019). Babaeski ve Kavaklı tarihi tren istasyonu binalarının yeniden değerlendirilmesi. *Tasarım+Kuram*, 15(27), 31–54. https://doi.org/10.14744/tasarimkuram.2019.85856

Zencirkıran, A. (2024). Architect Kemalettin and Edirne Train Station Campus. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning*, 12(2), 291-300. https://izlik.org/JA82RM65GA

© 2026 ISARC Academy

TÜRKİYE'DE NÜFUS BÜYÜKLÜĞÜNE GÖRE İLK BEŞ İLİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ VE GES YATIRIMLARININ İNCELENMESİ

Öğr. Gör. Dr. Ramazan KAYABAŞI

Kastamonu Kayseri Üniversitesi Tomarza Mustafa Akıncıoğlu MYO, İnşaat Bölümü, Kayseri

ORCID ID: 0000-0001-6195-7445

Dr. Öğr. Üyesi Müjdat ÖZTÜRK

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü Kırşehir/Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-1800-2234

Doç. Dr. Faruk KILIÇ

Milli Savunma Üniversitesi Kara Harp Okulu / Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara

ORCID ID: 0000-0002-9978-1972

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye'nin nüfus bakımından öne çıkan İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa ve Antalya illerinde güneş enerjisi potansiyeli ile mevcut güneş enerjisi santrali (GES) yatırımlarının sosyoekonomik göstergelerle ilişkisini karşılaştırmalı olarak değerlendirmektedir. Araştırmada yıllık küresel güneş ışınımı ve güneşlenme süresi gibi teknik göstergeler; nüfus, kişi başına elektrik ve su tüketimi, gelişmişlik düzeyi ve lisanssız GES kurulu gücü ile birlikte analiz edilmiştir. Bulgular, güneş enerjisi yatırımlarının yalnızca doğal kaynak potansiyeli tarafından belirlenmediğini ortaya koymuştur. Antalya ve İzmir yüksek güneşlenme ve ışınım değerleriyle teknik potansiyel açısından öne çıkarken, Ankara yüksek lisanssız GES kurulu gücüyle dikkat çekmiştir. Buna karşılık, en yüksek nüfusa sahip İstanbul'un GES kurulu gücünün 202,88 MW ile sınırlı kalması, kentsel yoğunluk, arazi kısıtları ve şebeke altyapısının yatırım kararlarındaki önemini göstermiştir. GES yatırımlarının kentlerdeki etkileri elektrik üretimi ve karbon emisyonlarının azaltılmasıyla sınırlı olmayıp istihdamın artırılması, teknik insan kaynağının geliştirilmesi, yerel tedarik zincirlerinin güçlendirilmesi ve bölgesel ekonomik kalkınmanın desteklenmesi gibi çeşitli katkıları da kapsamaktadır. Uygun alanlarda tarım ile bütünleşik ağrivoltaik uygulamalarının geliştirilmesi, elektrik ve tarımsal üretimin aynı arazide sürdürülmesine olanak sağlayarak, arazi kullanım çatışmasını azaltabilir. Sonuç olarak, yüksek nüfuslu illerde güneş enerjisi planlamasının; teknik potansiyel, enerji talebi, şebeke kapasitesi, arazi kullanımı ve sosyoekonomik koşulların birlikte değerlendirildiği bütünleşik bir yaklaşıma dayanması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi potansiyeli, Kentsel entegrasyon, Kurulu güneş enerji santrali, Kentsel gelişmişlik

© 2026 ISARC Academy

INVESTIGATION OF SOLAR ENERGY POTENTIAL AND SEP INVESTMENTS IN THE TOP FIVE PROVINCES OF TÜRKİYE BY POPULATION SIZE

ABSTRACT

This study comparatively assesses the relationship between solar energy potential and existing solar power plant (SEP) investments in Türkiye's five most populous provinces—Istanbul, Ankara, Izmir, Bursa, and Antalya—using socioeconomic indicators. Technical indicators, including annual global solar irradiation and sunshine duration, were analyzed alongside population, per capita electricity and water consumption, socioeconomic development levels, and installed capacity of unlicensed SEPs. The findings indicate that solar energy investments are not determined solely by natural resource potential. Antalya and Izmir stand out in terms of technical potential because of their high solar irradiation levels and long sunshine durations, whereas Ankara is notable for its high installed capacity of unlicensed SEPs. In contrast, Istanbul, despite having the largest population among the five provinces, has an installed unlicensed SEP capacity of only 202.88 MW, highlighting the importance of urban density, land constraints, and grid infrastructure in investment decisions. The impacts of SEP investments extend beyond electricity generation and carbon emission reductions, contributing also to employment, the development of technical skills and human capital, local supply chains, and regional economic development. In suitable locations, the development of agrivoltaic systems can help mitigate land-use conflicts by enabling electricity generation and agricultural production on the same land. Overall, the findings indicate that solar energy planning in highly populated provinces should adopt an integrated approach that considers technical potential, energy demand, grid capacity, land use, and socioeconomic conditions together.

Keywords: Solar energy potential, Urban integration, Installed solar power plants, Urban development

1. GİRİŞ

Güneş enerjisi, düşük çevresel etkisi, yenilenebilir özelliği ve düşük işletme maliyeti sayesinde fosil yakıtlara sürdürülebilir bir alternatif oluşturmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanma teknolojileri, güneş ışınımının doğrudan elektrik enerjisine dönüştürüldüğü fotovoltaik (PV) sistemlerden, güneş enerjisinin farklı dönüşüm süreçleri aracılığıyla elektriğe çevrildiği yoğunlaştırılmış güneş enerjisi teknolojilerine kadar geniş bir yelpazeye sahiptir. Bunun yanında, kolektörler ve benzeri sistemler aracılığıyla güneş enerjisinden ısı elde edilmesi de mümkün olmakta; böylece kaynak hem elektrik hem de ısı gereksinimlerinin karşılanmasında kullanılabilmektedir [1, 2]. Düşük sıcaklıklı kullanım suyu uygulamalarından yüksek sıcaklıklı endüstriyel proseslere kadar uzanan bu teknolojik çeşitlilik, güneş enerjisinin farklı ölçeklerdeki bireysel, ticari ve endüstriyel ihtiyaçlara uyarlanabilirliğini ortaya koymaktadır [3, 4]. Özellikle elektrik üretiminde güneş enerjisi teknolojilerinin yaygınlaşması, ekonomik avantajlarının yanı sıra iklim değişikliğiyle mücadele ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından da önem taşımaktadır. Elektrik enerjisinin tıp, sanayi, tarım ve hizmetler gibi ekonomik ve toplumsal faaliyetlerin temel girdilerinden biri olması ise enerji arzının yalnızca teknik bir konu olmaktan çıkarak bölgesel kalkınmanın temel bileşenlerinden biri hâline gelmesine neden olmaktadır [5, 6].

Dünya genelinde nüfus artışı, kentleşme ve teknolojik gelişmeler enerji talebinin sürekli yükselmesine neden olurken, fosil yakıtlara dayalı enerji sistemlerinin ekonomik ve çevresel kırılganlıklarını da artırmaktadır. Özellikle nüfusun ve ekonomik faaliyetlerin belirli merkezlerde yoğunlaşması, bu bölgelerde elektrik talebinin artmasına ve enerji arz güvenliğinin daha kritik bir hâle gelmesine yol açmaktadır [7]. Kişi başına enerji tüketimindeki artışla birlikte değerlendirildiğinde, yoğun nüfuslu bölgelerde arz-talep dengesinin korunması ve merkezi şebekelerin artan yükün karşılanması açısından yeterli esnekliğe sahip olması önemli bir sorun hâline gelmektedir [8]. Türkiye açısından ise artan enerji talebi, enerji ithalatına dayalı dışa bağımlılığın ekonomik etkilerini belirginleştirirken, yerli ve yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretim kapasitesinin artırılmasını stratejik bir gereklilik hâline getirmektedir [9].

© 2026 ISARC Academy

Enerji talebinin mekânsal olarak yoğunlaştığı büyük kentsel alanlara yakın konumlandırılan PV sistemler, elektrik üretimi ile tüketim arasındaki fiziksel mesafeyi azaltarak iletim ve dağıtım altyapısı üzerindeki yükün hafifletilmesine katkı sağlayabilir. Özellikle çatı üstü PV uygulamaları, mevcut yapı stokunun enerji üretim kapasitesine dönüştürülmesine ve hane halklarının kendi elektrik tüketimlerinin bir bölümünü yerinde karşılamasına olanak sağlamaktadır. Fazla üretimin şebekeye aktarılabilmesi ise bu sistemlerin yalnızca enerji arzı açısından değil, ekonomik değer üretimi açısından da değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Nitekim kentsel çatı yüzeylerinin etkin biçimde kullanılması, toplam elektrik talebinin belirli bir bölümünün yerel ölçekte karşılanmasına katkı sağlayabilmektedir [10, 11]. Ayrıca, dünya nüfusunun 2050 yılına kadar büyük ölçüde kentsel alanlarda yoğunlaşacağı öngörüsü; PV sistemlerinin binalara ve mevcut kentsel altyapıya ve sanayi altyapısına entegre edilmesini uzun vadeli enerji planlamasının önemli unsurlarından biri hâline getirmektedir. Yerel ölçekte yenilenebilir elektrik üretiminin yaygınlaştırılması, bununla birlikte, büyük şehirlerde karbon ayak izinin azaltılması ve hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik kentsel sürdürülebilirlik politikalarını da destekleyecektir [12].

Kentsel alanlarda özellikle lisanssız üretim modellerinin tüketim noktalarıyla ilişkilendirilmesi, yerinde üretim ve tüketim olanaklarını artırarak enerji arz güvenliğinin desteklenmesine ve enerji sisteminin dış kaynaklara bağımlılığının azaltılmasına katkı sağlayabilir [13]. Nihai kullanıcılara yakın konumlandırılan dağıtık üretim tesisleri, uzun mesafeli elektrik iletimine duyulan ihtiyacı azaltmanın yanı sıra iletim ve dağıtım kayıplarının ve buna bağlı maliyetlerin sınırlandırılmasına yardımcı olabilir [14]. Bunun yanında, yenilenebilir enerji yatırımlarının yerel ölçekte yaygınlaşması; istihdam, bölgesel ekonomik faaliyetler ve yerli enerji teknolojilerinin gelişimi üzerinde de etkiler oluşturabilmektedir. Yerli kaynaklara dayalı elektrik üretiminin artırılması, enerji ithalatına olan ihtiyacın azaltılması ve enerji sektöründeki yerel üretim kapasitesinin geliştirilmesi yoluyla daha geniş sosyoekonomik sonuçlar doğurabilir [15].

PV teknolojilerindeki maliyet düşüşleri ve verimlilik artışları, güneş enerjisini kentsel enerji planlamasında hem teknik hem de çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik sağlayan çok boyutlu bir çözüm hâline getirmektedir. Ancak sürdürülebilir kentsel enerji sistemleri için kaynak çeşitliliği ve mekânsal planlama şarttır; bu nedenle iller yalnızca güneşlenme potansiyellerine göre değil, nüfus, sanayi ve tüketim gibi sosyoekonomik göstergelerle birlikte ele alınmalıdır. Nüfus yoğunluğu yüksek kentlerde güneş potansiyeli ile fiili santral yatırımlarının bir arada analizi, teorik kaynak ve reel yatırım arasındaki ilişkinin anlaşılması açısından kritik bir çerçeve sunmaktadır [16-18].

Güneş enerjisi PV üretiminin hava koşullarına bağlı kesintili ve değişken yapısı, şebeke kararlılığı açısından temel bir teknik sınırlama oluşturmaktadır. Bu dalgalanmaları dengelemek ve fazla enerjiyi yoğun talep saatlerinde kullanabilmek için PV sistemlerinin batarya depolama teknolojileri ve diğer yenilenebilir kaynaklarla entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır. Yüksek nüfus ve sanayi nedeniyle elektrik talebinin fazla olduğu kentlerde güneş enerjisi yatırımları; yalnızca kurulu güç ve güneşlenme potansiyeline göre değil, tüketim yapısı ile enerji sisteminin esnekliği de dikkate alınarak planlanmalıdır [19, 20].

Türkiye'de nüfus ve ekonomik faaliyetlerin yoğun olduğu beş ili inceleyen bu çalışma, illerin güneş enerjisi potansiyellerini, mevcut santral yatırımlarını ve bunların sosyoekonomik göstergelerle ilişkisini karşılaştırmalı olarak ele almaktadır. Çalışmanın temel amacı, teorik teknik potansiyel ile fiili yatırım kapasitesi arasındaki farkları; enerji talebi, kentleşme ve sanayileşme gibi sosyoekonomik unsurlar bağlamında değerlendirmektir. Böylece araştırma, kentsel ve bölgesel ölçekte güneş enerjisi planlamasına analitik bir çerçeve sunarak enerji arz güvenliği, yenilenebilir enerji dönüşümü ve sürdürülebilir bölgesel kalkınma arasındaki ilişkinin anlaşılmasına katkı sağlamayı hedeflemektedir.

2. METARYAL VE METOD

2.1. Araştırma Tasarımı ve İncelenen İller

Bu çalışma, Türkiye'de nüfus büyüklüğü ve sosyoekonomik gelişmişlik düzeyi yüksek ilk beş ili (İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa ve Antalya) temel analiz birimi olarak ele alarak, bu kentlerdeki güneş

© 2026 ISARC Academy

enerjisi teknik potansiyeli ile fiilî yatırım düzeyleri arasındaki ilişkiyi karşılaştırmalı olarak incelemektedir. Çalışma kapsamında iller; yıllık küresel güneş ışınımı ve GES kurulu gücünün yanı sıra nüfus, kişi başına elektrik ve su tüketimi ile sosyoekonomik gelişmişlik düzeyi gibi temel göstergeler üzerinden ortak bir analitik çerçevede değerlendirilmiştir. Böylece güneş enerjisi yatırımlarının yalnızca doğal/meteorolojik kaynak koşullarıyla değil, aynı zamanda kentsel enerji talebi, ekonomik dinamikler ve yerel sosyoekonomik yapı ile ilişkisi bir bütün olarak ele alınarak, PV sistemlerin kentsel enerji dönüşümündeki konumu daha kapsamlı bir biçimde ortaya konmuştur [21- 23].

2.2. Güneş Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi

İllerin güneş enerjisi potansiyeli; yıllık küresel güneş ışınımı, güneşlenme süresi, panel eğim açısı, sıcaklık ve atmosferik koşullar gibi temel teknik parametreler doğrultusunda değerlendirilerek coğrafi ve iklimsel farklılıklara sahip kentlerin PV üretim kapasiteleri karşılaştırılmıştır [24]. Elde edilen teknik potansiyel verilerinin fiilî GES kurulu güçleriyle birlikte analiz edilmesi, yüksek kaynak potansiyeline sahip bölgelerde bu durumun yatırıma dönüşme düzeyini ortaya koymaktadır. Yapılan bu bütünleşik değerlendirme, güneş enerjisi yatırımlarının yalnızca doğal/meteorolojik koşullara bağlı olmadığını; şebeke altyapısı, bölgesel enerji talebi, ekonomik değişkenler ve yatırım ortamı gibi belirleyici faktörlerin de sürece dâhil edilmesi gerektiğini göstermektedir [25].

Güneş enerjisi yatırımlarının illerin enerji sistemleri içerisindeki göreli önemini belirlemek amacıyla teknik göstergelere ek olarak enerji tüketimi ve sosyoekonomik göstergeler kullanılmıştır. Bu kapsamda kişi başına elektrik tüketimi, kişi başına su tüketimi, nüfus büyüklüğü ve sosyoekonomik gelişmişlik endeksi değerlendirmeye alınmıştır. Bu göstergeler, illerin yalnızca nüfus büyüklükleri bakımından değil, aynı zamanda enerji talebi ve ekonomik gelişmişlik düzeyleri bakımından da karşılaştırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca enerji tüketiminin yüksek olduğu illerde mevcut GES kapasitesi bağın daha açık biçimde ortaya konulmasına yardımcı olmaktadır.

2.4. Kurulu GES Kapasitesinin Karşılaştırılması

İllerin mevcut güneş enerjisi yatırımlarını ortaya koymak amacıyla lisanssız GES Kurulu gücü temel yatırım göstergesi olarak kullanılmıştır. Mutlak kurulu güç değerlerinin yanı sıra, kapasitenin nüfus ve elektrik tüketimiyle birlikte değerlendirilmesi yoluyla iller arasındaki ölçek farklılıklarının etkisi azaltılmıştır. Böylece yüksek nüfuslu bir ilin yalnızca toplam kurulu güç bakımından değil, kişi başına ve enerji tüketimine göre de değerlendirilmesi mümkün hâle getirilmiştir. Bu karşılaştırma, teknik güneş enerjisi potansiyeli ile fiilî yatırım kapasitesi arasındaki farklılıkların belirlenmesine yönelik olarak kullanılmıştır. Kurulu gücün yüksek olması tek başına güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğunu göstermediğinden, yatırım yoğunluğunun yorumlanmasında güneş ışınımı, enerji tüketimi ve sosyoekonomik göstergeler birlikte değerlendirilmiştir [26, 27].

Çalışmada iller arasındaki farklılıklar; teknik (güneş ışınımı ve güneşlenme süresi), enerji (elektrik tüketimi ve GES kurulu gücü) nüfus, gelişmişlik düzeyi ve ekonomik göstergeler olmak üzere üç temel boyutta bütünleşik bir yaklaşımla değerlendirilerek, mevcut GES yatırımlarının bölgesel enerji talebi ve sosyoekonomik yapı içerisindeki konumu belirlenmiştir. Literatürde teknik ve ekonomik değişkenlerin çok kriterli karar verme yöntemleriyle birlikte ele alınması önerilmekle birlikte [22], elde edilen bulgular tek bir ağırlıklandırma veya puanlama modeline indirgenmemiştir. Göstergelerin karşılaştırmalı ve doğrudan bir arada yorumlanması sayesinde, sonuçların belirli kriter ağırlıklarına bağımlı kalması engellenmiş ve değişkenler arasındaki doğrudan ilişkilerin daha esnek ve kapsamlı bir biçimde ortaya konulması sağlanmıştır.

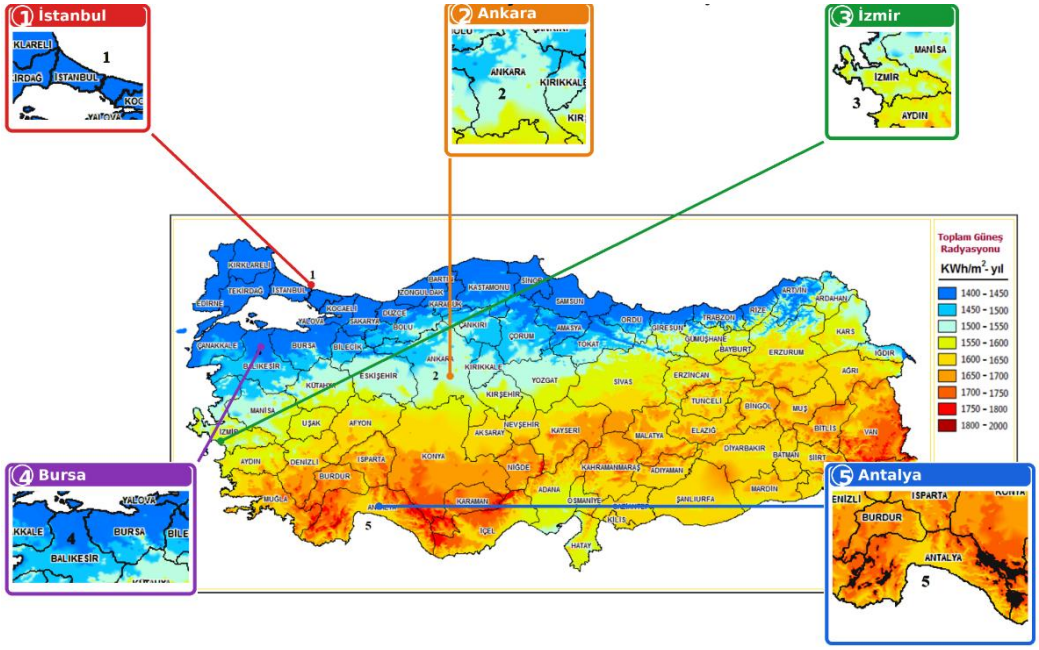
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. İllerin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Bu çalışmada, Türkiye'de nüfus yoğunluğu bakımından ilk beş sırada yer alan İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa ve Antalya illerinin karşılaştırmalı olarak güneş enerjisi potansiyelleri değerlendirilmiştir. Güneş enerjisi üretim kapasitesini belirleyen temel göstergeler yıllık güneşlenme süresi ve küresel güneş

© 2026 ISARC Academy

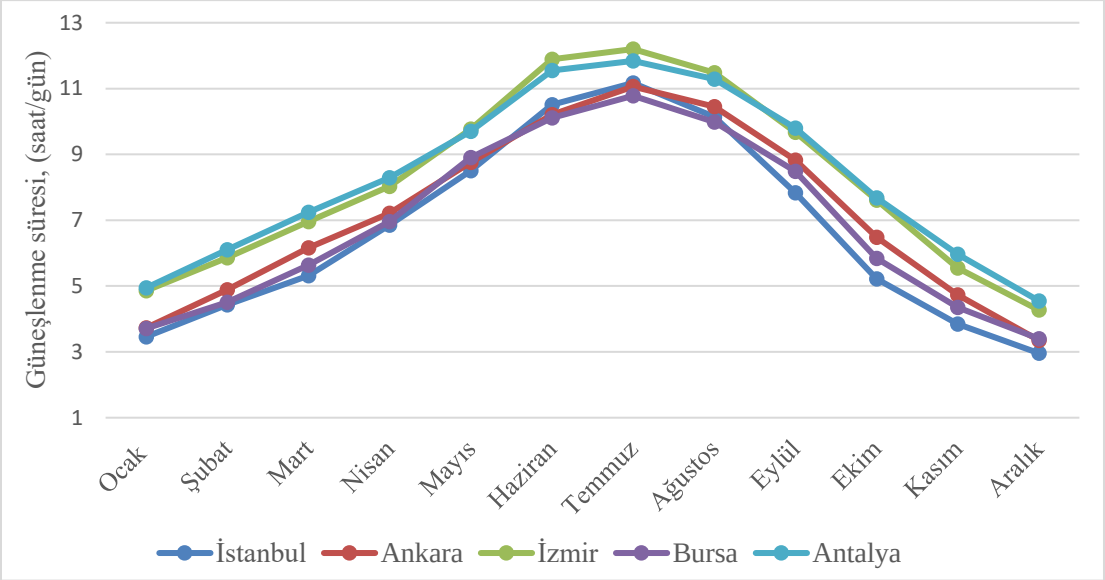
ışınımı olup [5], iller arasında belirgin farklılıklar sergilemekte ve eşit kurulu PV kapasitelerinin farklı coğrafyalarda özgün yıllık elektrik üretim çıktılarına ulaşmasına yol açabilmektedir [28]. Türkiye GES potansiyeli haritası (Şekil 1) incelendiğinde; beş kent arasında Antalya, İzmir ve Ankara'nın en yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. İllerin aylık güneşlenme süreleri (Şekil 1) ve aylık güneş ışınımı değerleri (Şekil 2) genel bir eğilim olarak yaz aylarında tepe noktasına ulaşmakta ve iller arasındaki potansiyel farklılıkları özellikle bu dönemde belirginleşmektedir. Antalya ve İzmir, yüksek güneşlenme ve ışınım değerleriyle teknik güneş enerjisi potansiyeli bakımından ilk sıralarda yer alırken; İstanbul ve Bursa gibi kuzey enlemlerde konumlanan kentlerde atmosferik ve iklimsel koşullar yıllık üretim potansiyelini kısıtlayabilmektedir. Ankara ise elverişli güneşlenme koşulları sayesinde kayda değer bir PV üretim potansiyeline sahiptir. Nüfus büyüklüğü sıralamasında beş kent arasında son sırada yer almasına karşın Antalya, güneş enerjisi potansiyeli açısından ilk sıradadır. Ayrıca Türkiye'nin önemli bir tarım merkezi olan Antalya'da yüksek GES potansiyeli; ağrivoltaik ve hortivoltaik uygulamalar aracılığıyla arazi kullanımında enerji üretimi ile tarımsal yetiştiriciliğin eş zamanlı yürütülmesine olanak tanıyan stratejik bir fırsat sunma potansiyeline sahiptir.



Şekil 1. İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa ve Antalya illerinin güneş enerji potansiyeli, (GEPA)

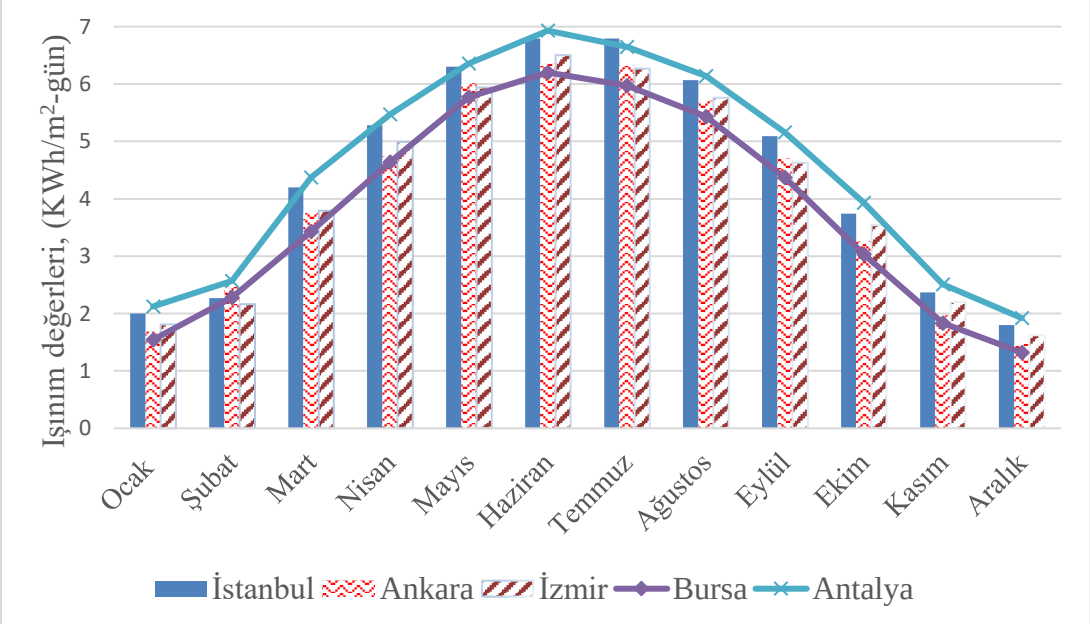
Beş ilin günlük yıl içindeki ortalama güneşlenme süreleri (saat/gün) değişimi (Şekil 2) göstermekte olup tüm illerde kışın minimum, yazın ise tepe noktasına ulaşan belirgin bir tek tepeli dağılım sergilemektedir. Akdeniz ve Ege iklim kuşağında yer alan Antalya ve İzmir yıl boyunca en yüksek güneşlenme sürelerini kaydederek kışın yaklaşık 5 saat/gün, Temmuz ayında ise 12 saat/gün sınırına ulaşmaktadır. Marmara ve İç Anadolu bölgelerini temsil eden İstanbul, Ankara ve Bursa'da kış değerleri 3-3,8 saat/gün aralığına gerilemekte ve yazın maksimum 10,8-11,1 saat/gün seviyesine ulaşmaktadır. Coğrafi enlem ve iklimsel faktörlere bağlı olarak şekillenen bu dağılımda İstanbul tüm yıl boyunca nispeten en düşük güneşlenme sürelerini sergilemektedir.

© 2026 ISARC Academy



Şekil 2. İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa ve Antalya illerinde aylık güneşlenme süresi, (GEPA)

Beş ilin günlük ortalama küresel radyasyon değerlerinin (KWh/m^{2}gün) yıl içindeki değişimi incelendiğinde (Şekil 3), tüm illerde kışın minimum, yazın ise tepe noktasına ulaşan belirgin bir tek tepeli dağılım sergilediği görülmektedir. Akdeniz iklim kuşağında yer alan Antalya, yıl boyunca en yüksek radyasyon değerlerini kaydederek kışın yaklaşık 2,0-2,5 KWh/m^{2}gün seviyesinden başlayıp Haziran ayında zirve noktası olan ~6,95 KWh/m^{2}gün değerine ulaşmaktadır. İzmir de yaz aylarında Antalya'ya yakın yüksek değerler 6,2-6,5 KWh/m^{2}gün sergileyerek ikinci sırada yer almaktadır. Marmara ve İç Anadolu bölgelerini temsil eden İstanbul, Ankara ve Bursa'da kış değerleri 1,3-2,0 KWh/m^{2}gün aralığına gerilemekte ve yazın zirve noktaları (Haziran-Temmuz) 6,0-6,8 KWh/m^{2}gün seviyesine çıkmaktadır. Coğrafi enlem, iklimsel koşullar ve bulutluluk oranlarına bağlı olarak şekillenen bu dağılımda, kış aylarında ve genel olarak yıl ortalamasında Bursa ile Ankara nispeten daha düşük küresel radyasyon değerleri sergilemektedir.



Şekil 3. İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa ve Antalya illerinde aylık güneş ışınımı.

Güneşlenme süresi ve ışınım değerlerindeki coğrafi farklılıklar, kurulu güç başına elde edilen yıllık elektrik üretiminin illere göre değişmesine yol açmaktadır [29]. Ancak güneş enerjisinin sisteme katkısı

© 2026 ISARC Academy

yalnızca yıllık toplam potansiyelle sınırlı olmayıp, üretimin gün içindeki dağılımının yerel elektrik talebiyle örtüşme düzeyi de şebeke entegrasyonu açısından kritik önem taşımaktadır [30]. Nitekim Antalya'nın 8,2 saati aşan günlük ortalama güneşlenme süresi ile Konya ve Karaman gibi iç bölgelerin yüksek ışınım değerleri belirgin bir kaynak avantajı sunarken, Ankara ve Bursa gibi farklı enlem ile topoğrafyaya sahip illerde panel azimut ve eğim açılarının optimize edilmesi üretim performansını önemli ölçüde artırabilmektedir [31, 32]. Bununla birlikte, yüksek güneş ışınımı tek başına yüksek elektrik üretimini garanti etmemektedir; nitekim modül sıcaklığındaki artış PV hücre verimliliğini düşürmekte, atmosferik aerosoller ise ışınımı kırarak ve panel yüzeyinde toz/kir birikimine yol açarak kayıplara neden olmaktadır [33, 34]. Bu doğrultuda, özellikle yoğun kentleşmiş alanlarda teorik güneş enerjisi potansiyelinin fiilî üretime dönüşümü analiz edilirken, meteorolojik koşulların yanı sıra sıcaklık ve hava kalitesi gibi çevresel faktörlerin de bütüncül biçimde dikkate alınması gerekmektedir.

3.2. Güneş Enerjisi Kurulu Gücü ve Yatırım Yoğunluğu

Güneş enerjisi potansiyelini belirleyen teknik göstergelerin mevcut kurulu güç verileriyle birlikte değerlendirilmesi, yatırımların bölgesel dağılımını anlamada kritik bir çerçeve sunmaktadır. Türkiye'de GES yatırımları, yüksek ışınım değerleri ve geniş arazi olanaklarının bir arada bulunduğu Konya gibi iç bölgelerde yoğunlaşırken [35]; Konya ile benzer iklimsel potansiyele sahip Kayseri gibi illerde kurulu gücün daha sınırlı kalması, yatırım kararlarının yalnızca doğal kaynak koşullarına değil, altyapı, maliyet ve teşvik gibi değişkenlere de bağlı olduğunu göstermektedir [36, 37]. Ayrıca Ankara gibi yüksek nüfuslu kentlerdeki büyük ölçekli yatırımlar, enerji talebi ve ekonomik dinamiklerin de sürükleyici bir rol oynadığına işaret etmektedir [38]. Ülke genelinde 7,8 GW'ı aşan toplam kapasiteye rağmen bölgesel dengesizliklerin sürmesi, sosyoekonomik ve teknik göstergelerin bütünleşik analizini zorunlu kılmaktadır [39]. Bu doğrultuda Tablo 1 verileri, nüfus büyüklüğü ile lisanssız GES kurulu gücü arasında doğrusal bir ilişki bulunmadığını açıkça ortaya koymaktadır. Nitekim İstanbul en yüksek nüfusa sahip olmasına karşın 202,88 MW ile en düşük kurulu güçte kalırken, İstanbul'un üçte biri nüfusa sahip olan Ankara 1.078,35 MW ile ilk sırada yer almakta, onu 911,57 MW ile İzmir takip etmektedir.

Tablo 1. İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa ve Antalya illerinin nüfus, enerji, su tüketimi, sosyoekonomik gelişmişlik ve lisanssız GES kurulu gücü göstergeleri

İl	Nüfus (2025)	Kişi başı elektrik tüketimi (kWh/kişi-yıl, 2023)	Kişi başı su tüketimi (L/kişi-gün, 2024)	SEGE-2025 endeks skoru [40]	Lisanssız GES kurulu gücü (MW, Temmuz 2025) [41]
İstanbul	15.754.053	2.757	203,00	4,419	202,88
Ankara	5.910.320	2.972	270,00	2,837	1.078,35
İzmir	4.504.185	4.799	215,00	1,808	911,57
Bursa	3.263.011	4.273	254,8	1,360	553,32
Antalya	2.777.677	3.736	391,64	1,716	546,49

GENSED. (2025). ***2025 Temmuz ayı illere göre lisanssız GES kurulu gücü*****. Retrieved from https://gensed.org/illere-gore-lisanssiz-ges-kurulu-gucu/ ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2022).** ***İl SEGE-2022 raporları*****. https://www.sanayi.gov.tr/merkez-birimi/b94224510b7b/sege/il-sege-raporlari**

Bu farklılık, nüfus büyüklüğünün tek başına güneş enerjisi yatırımlarını açıklamak için yeterli olmadığını göstermektedir. Özellikle Ankara ve İzmir örnekleri, enerji talebi, arazi ve kurulum olanakları, güneşlenme koşulları, şebeke bağlantısı ve yatırım ortamı gibi değişkenlerin birlikte değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Şebeke kapasitesi ve bağlantı olanakları, güneş enerjisi potansiyelinin fiilî üretim kapasitesine dönüştürülmesinde önemli teknik belirleyiciler arasında yer almaktadır. Bölgesel şebeke kısıtları ve inverter kapasitesi gibi teknik sınırlamalar, mevcut santrallerin teorik üretim potansiyelinin tamamını kullanmasını engelleyebilmektedir [42]. Dolayısıyla Tablo 1'deki kurulu güç farklılıkları, yalnızca güneş ışınımı açısından değil, enerji talebi ve sosyoekonomik yapı açısından da değerlendirilmelidir. Bu durum, sonraki bölümde ele alınan sosyoekonomik göstergelerin güneş enerjisi yatırımlarıyla birlikte incelenmesini gerekli kılmaktadır.

© 2026 ISARC Academy

Güneş enerjisi yatırımlarının etkileri yalnızca elektrik üretimiyle sınırlı olmayıp istihdam, yerel ekonomik faaliyetler ve teknik kapasite üzerinde de ortaya çıkmaktadır. Santrallerin kurulum, işletme, bakım ve onarım süreçleri doğrudan ve dolaylı istihdam oluştururken, özellikle kırsal bölgelerde yerel iş gücünün yenilenebilir enerji sektörüne yönelmesini ve ekonomik faaliyetlerin çeşitlenmesini destekleyebilmektedir [43]. Bu etkilerin düzeyi, kurulu gücün yanı sıra yatırımın yerel ekonomik yapıyla bütünleşmesine, enerji maliyetlerine ve yerel gelir yaratma kapasitesine bağlıdır. Ayrıca yerli PV üretiminin geliştirilmesi, dışa bağımlılığın azaltılması ve teknolojik kapasitenin güçlendirilmesine katkı sağlayabilir.

Kentsel alanlarda çatı ve cephe tipi PV sistemleri, tüketicilerin aynı zamanda üretici konumuna geçmesini sağlayarak yerel enerji üretimine katılımı artırabilir. Bununla birlikte, sektörün sürdürülebilir gelişimi için kurulum, işletme ve bakım faaliyetlerinde ihtiyaç duyulan nitelikli iş gücünün mesleki eğitim yoluyla geliştirilmesi önemlidir [44]. GES yatırımlarının ekonomik katkıları değerlendirilirken biyolojik çeşitlilik, arazi kullanımı ve PV atıklarının yönetimi gibi çevresel etkiler dikkate alınmalıdır. Ayrıca istihdamın özellikle kurulum döneminde yoğunlaşması, projelerin uzun vadeli sosyal etkilerinin ayrıca değerlendirilmelidir.

Bu çalışmanın bulguları, Türkiye'de nüfus yoğunluğu yüksek illerde güneş enerjisi yatırımlarının yalnızca güneş ışınımı ve güneşlenme süresi gibi teknik/doğal kaynak potansiyeliyle açıklanamayacağını; fiilî kurulu gücün nüfus, enerji talebi, şebeke altyapısı ve yerel sosyoekonomik yapıyla bütüncül biçimde değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Nitekim 15,75 milyonun üzerindeki nüfusu ve yüksek enerji talebine karşın İstanbul'un lisanssız GES kapasitesinin 202,88 MW düzeyinde kalması, yoğun kentsel alanlardaki mekânsal ve teknik kısıtlara işaret etmektedir. Ankara ve İzmir'deki daha yüksek kurulu güçler arazi varlığı, şebeke bağlantı olanakları ve elverişli yatırım koşullarının önemini ortaya koymaktadır [38, 43]. Öte yandan, İzmir ve Bursa örneğinde görüldüğü üzere yüksek kişi başına elektrik tüketimi, enerji talebinin yalnızca nüfus büyüklüğünden değil sanayileşme ve ekonomik faaliyetlerin niteliğinden kaynaklandığını; dolayısıyla planlama süreçlerinde tekil göstergeler yerine sektörel enerji yoğunluğunun da dikkate alınması gerektiğini doğrulamaktadır.

Teknik potansiyelin fiilî üretime dönüşmesinde şebeke altyapısının taşıma kapasitesi, iletim-dağıtım esnekliği ve üretim sınırlamaları kritik birer eşik oluşturmakta; bu durum özellikle yüksek PV penetrasyonuna sahip bölgelerde yeni yatırımların şebeke kapasitesiyle eş güdümlü planlanmasını zorunlu kılmaktadır [42]. Sosyoekonomik boyutta ise PV yatırımları kurulum, bakım ve teknik hizmetler kanalıyla yerel istihdamı ve ekonomik kalkınmayı destekleme potansiyeline sahip olmakla birlikte [43], bu etkilerin kalıcı kılınması mesleki eğitim, yerel tedarik zincirleri ve kapasite geliştirme politikalarıyla mümkündür [44]. Arazi kullanımı açısından bakıldığında, büyük ölçekli santrallerin tarım alanlarıyla rekabeti bir gıda-enerji ödünleşmesi yaratmakta; bu noktada ağrivoltaik uygulamaları arazi çift kullanımını sağlayarak sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır. Sonuç olarak, projelerin toplumsal kabulü yerel katılım, adil fayda paylaşımı ve çevresel yönetişim ile şekillendiğinden, Türkiye'deki metropollerin güneş enerjisi geleceği potansiyel artışından ziyade; mevcut kaynağın şebeke, arazi, enerji talebi ve toplumsal dinamiklerle entegre bir biçimde yönetilmesine bağlıdır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma, Türkiye'nin nüfus bakımından ilk beş ili olan İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa ve Antalya'yı güneş enerjisi potansiyeli, GES kapasitesi, enerji tüketimi ve sosyoekonomik göstergeler açısından karşılaştırmıştır. Bulgular, güneş enerjisi yatırımlarının yalnızca güneşlenme ve ışınım koşullarıyla açıklanamayacağını; nüfus, enerji talebi, şebeke altyapısı, arazi olanakları ve ekonomik koşulların birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermiştir. Antalya ve İzmir yüksek güneş enerjisi potansiyelleriyle, Ankara ise uygun güneşlenme koşulları ve yüksek kurulu GES kapasitesiyle öne çıkarken, İstanbul ve Bursa'da kentsel yoğunluk ve mekânsal kısıtlar yatırım kapasitesini etkileyebilmektedir.

Yerel paydaşlarla şeffaf iletişim kurulması ve proje fayda-maliyetlerinin açık biçimde paylaşılması, toplumsal kabulün güçlendirilmesine katkı sağlayabilir. Öte yandan, büyük ölçekli PV yatırımlarının

© 2026 ISARC Academy

tarım arazileriyle rekabet edebilmesi nedeniyle arazi seçiminin tarımsal üretim ve ekolojik değerler dikkate alınarak yapılması gerekmektedir. Uygun alanlarda Tarım ile bütünleşik ağrivoltaik uygulamalarının geliştirilmesi, elektrik ve tarımsal üretimin aynı arazide sürdürülmesine olanak sağlayarak bu arazi kullanım çatışmasını azaltabilir. Bu bütünleşik yaklaşım, güneş enerjisi yatırımlarının ekonomik ve sosyal faydalarının çevresel etkilerle birlikte değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

GES yatırımlarının sosyoekonomik etkileri yalnızca elektrik üretimi ve karbon azaltımıyla sınırlı olmayıp istihdam, teknik insan kaynağı, yerel tedarik zincirleri ve bölgesel ekonomik gelişme açısından da önem taşımaktadır. Bu nedenle yerel iş gücünün geliştirilmesi ve enerji sektörüne entegrasyonu desteklenmelidir. Ayrıca, büyük ölçekli PV yatırımlarında tarımsal ve ekolojik alanların korunması, uygun alanların önceliklendirilmesi ve elverişli bölgelerde ağrivoltaik uygulamalarının geliştirilmesi önemlidir. Yerel halkın karar süreçlerine katılımı da toplumsal kabulün güçlendirilmesine katkı sağlayabilir.

Sonuç olarak, yüksek nüfuslu illerde güneş enerjisi planlaması; teknik potansiyel ve şebeke kapasitesi, enerji talebi ve kentsel yapı ile sosyoekonomik ve çevresel etkilerin birlikte değerlendirildiği bütünleşik bir yaklaşımı gerektirmektedir. Çok ölçütlü yer seçimi, dağıtık PV uygulamaları ve bölgesel koşullara duyarlı teşvik mekanizmaları bu süreci destekleyebilir. Merkezi ve yerel yönetimler arasında enerji, istihdam, arazi kullanımı ve ekonomik göstergeleri kapsayan ortak veri izleme mekanizmalarının geliştirilmesi ise daha etkin yatırım ve politika kararlarına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Dip, D., & Ergül, E. U. (2025). Güneş enerji santrali gerçek üretim verileri ile benzetim programlarından elde edilen verilerin karşılaştırılması. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8 (1), 414–431.

Güner, E. D., Tekin, S., Çilek, A., & Çilek, M. (2021). Güneş enerjisi santrali için uygun alanların cbs tabanlı ahp yöntemi ile belirlenmesi: Mersin ili örneği. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 36(1), 11-24.

İncili, V., & Aktar, A. K. (2025). Akıllı Şebeke Ortamında PV/T destekli ısı pompası ile bir müstakil evin elektrik ve ısı enerjisi yönetimi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15 (3), 889–903.

Yolcan, O. O., & Köse, R. (2020). Türkiye' nin güneş enerjisi durumu ve güneş enerjisi santrali kurulumunda önemli parametreler. Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 6 (2), 196–215.

Geçen, R. (2019). Hatay ilinde güneş enerjisi potansiyeli ve güneş enerjisi santrali kurulacak alanlarının belirlenmesi. Turkish Studies Social Sciences, 3031–3054.

Sulukan, E. (2020). Techno-economic and environmental analysis of a photovoltaic system in İstanbul. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 26 (1), 127–132.

Bilhan, A., & Emikönel, S. (2021). Nevşehir ili güneş enerji potansiyelinin analizi ve kurulu güneş enerji santralleri. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 24, 289–294.

Kumruoğlu, L. C., & Ateş, S. B. (2022). Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ve iskenderun için örnek üretim projeksiyonu. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37 (1), 293–305.

Ozdemir, O. K., & Çelik, E. (2025). Elazığ ili örneğine ait on-grid çatı üstü güneş enerji santralinin yıllık gerçek üretim verilerinin PV*SOL simülasyon değerleri ile karşılaştırılması. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 37 (1), 183–198.

Önay, S., Yücekaya, A., Bilge, A. H., & Aktunç, E. A. (2021). A supply and demand analysis for the Turkish electricity market: supply adequacy and resource utilization. International Journal of Energy Economics and Policy, 11 (6), 315–327.

© 2026 ISARC Academy

Rodríguez, L. R., Duminil, É., Ramos, J. S., & Eicker, U. (2017). Assessment of the photovoltaic potential at urban level based on 3D city models: A case study and new methodological approach. Solar Energy, 146, 264–275.

Schmid, C., Ndalloka, Z. N., & Kośny, J. (2025). Transforming urban energy: developments and challenges in photovoltaic integration. Frontiers in Sustainable Cities, 7.

Kamacı, İ., & Yönetken, A. (2025). Çatı tipi güneş enerji santrali tasarımı, ekonomik ve çevresel analizi: Hatay ili örneği. Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering, 25 (4), 969–983.

Dursun, B. (2025). Dağıtık üretimin tekstil tesislerinin elektrik dağıtım şebekesine etkisi: simülasyon tabanlı bir yaklaşım. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 13 (4)

Eröksüz, M., & Ayyıldız, S. (2025). Türkiye'de yenilenebilir enerji finansman kredilerinde kamu kontrgaranti önerisinin tartışılması. Journal of Banking and Financial Research, 12(2), 105–120.

Adjiski, V., Kaplan, G., & Mijalkovski, S. (2022). Assessment of the solar energy potential of rooftops using LiDAR datasets and GIS based approach. International Journal of Engineering and Geosciences, 8 (2), 188–199.

Cieślak, I., & Eźlakowski, B. (2023). Use of GIS Tools for Decision-Making Support in Sustainable Energy Generation on the Example of the Solar Photovoltaic Technology. Bulletin of Geography Socio-Economic Series, (60), 157–171.

Neupane, D., Kafle, S., Karki, K. R., Kim, D. H., & Pradhan, P. (2021). Solar and wind energy potential assessment at provincial level in Nepal: Geospatial and economic analysis. Renewable Energy, 181, 278–291.

Kayabasi, R., & Öztürk, M. (2023). Fen ve Mühendislik Bilimlerinde Güncel Gelişmeler. Editör; O. Örnek, M. Özduran, Editör, İksad Yayınevi, Ankara, ss.45-62.

Schram, W., Lampropoulos, I., & Sark, W. (2018). Photovoltaic systems coupled with batteries that are optimally sized for household self-consumption: Assessment of peak shaving potential. Applied Energy, 223, 69–81.

Bostan, H., & Doğan, Ö. S. (2019). Türkiye'nin demografik dönüşümü ve nüfus projeksiyonlarına göre fırsatlar. Doğu Coğrafya Dergisi, 24 (41), 61–90.

Kum, G., Sönmez, M. E., & Karabaş, M. (2019). Gaziantep ilinde güneş enerjisi potansiyelinin analitik hiyerarşi süreci yöntemi (AHP) ile belirlenmesi. Coğrafya Dergisi, 0 (39), 61–72.

Gholami, H. (2024). A Holistic multi-criteria assessment of solar energy utilization on urban surfaces. Energies, 17 (21), 5328.

Ozcan, O., & Ersöz, F. (2019). Project and cost-based evaluation of solar energy performance in three different geographical regions of Turkey: Investment analysis application. Engineering Science and Technology an International Journal, 22 (4), 1098–1106.

Uyan, M. (2017). GIS-supported mapping of solar power plant sites using AHP method. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 23 (4), 343–351.

Ökten, M. (2025). Kent içi raylı sistemlerde sürdürülebilirlik ve yeşil dönüşüm: Ankara, İstanbul ve İzmir'de yenilenebilir enerji kullanımı. Journal of Innovative Engineering and Natural Science, 5 (2), 663–674.

Yalılı, M. (2021). Lisanslı fotovoltaik güneş enerji santrali yatırımının finansal analizi: Van ili örneği. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 10 (3), 1055–1074.

Sahoo, S. K., Choudhury, B. B., Dhal, P. R., & Hanspal, M. S. (2025). A comprehensive review of multi-criteria decision-making (mcdm) toward sustainable renewable energy development. Spectrum of Operational Research, 2 (1), 309–325.

© 2026 ISARC Academy

Yurtsever, A., Öztürk, C., Ateş, A. E., & Ateş, S. (2025). Türkiye'deki farklı şehirlerde kurulan güneş enerjisi sistemlerinde üretim verimlerinin analizi. International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences, 37 (3), 410–417.

Pfenninger, S., & Staffell, I. (2016). Long-term patterns of European PV output using 30 years of validated hourly reanalysis and satellite data. Energy, 114, 1251–1265.

Akçay, M., & Atak, M. (2018). Optimal site selection for a solar power plant in Turkey using a hybrid AHP-TOPSIS method. CBÜ Fen Bilimleri Dergisi, 14(4), 413–420.

Arslan, M., & Çunkaş, M. (2025). An experimental study on determination of optimal tilt and orientation angles in photovoltaic systems. Journal of Engineering Research, 13 (3).

Santiago, I., Trillo-Montero, D., Moreno-Garcia, I. M., Pallarés-López, V., & Rodriguez, J. J. (2018). Modeling of photovoltaic cell temperature losses: A review and a practice case in South Spain. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 90, 70–89.

Peters, I. M., Karthik, S., Liu, H., Buonassisi, T., & Nobre, A. (2018). Urban haze and photovoltaics. Energy & Environmental Science, 11 (10), 3043–3054.

Akyazı, Ö., Başlık, Ş., Khidirzade, K., & Çavdar, B. (2024). Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin pvsyst ile analizi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 14 (3), 1486–1502.

Dal, A. R. (2021). Güneş enerji panellerindeki optimum eğim açısının verime etkisinin incelenmesi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8 (1), 241–250.

Öztürk, M., & Kayabaşı, R. (2023). Güneş enerjisinin iç anadolu bölgesinde kullanılabilirliği ve sistem analizi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(4), 1351-1359.

Coşgun, A. E. (2021). Türkiye'de 50MW üstü ges üretimi gerçekleştiren şehirlerimizde agrivoltaic sistem kullanılabilirliğinin incelenmesi. Uluslararası mühendislik araştırma ve geliştirme dergisi, 13 (2), 711–718.

Aksoy, M. H., İspir, M., & Bakırhan, M. (2023). Analysis of the azimuth angles of a medium-scale PV system in non-ideal positions for roof application. MANAS Journal of Engineering, 11 (1), 74–82.

GENSED. (2025). 2025 Temmuz ayı illere göre lisanssız GES kurulu gücü. Retrieved from https://gensed.org/illere-gore-lisanssiz-ges-kurulu-gucu/ veSanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2022).

İl SEGE-2022 raporları. https://www.sanayi.gov.tr/merkez-birimi/b94224510b7b/sege/il-sege-raporlari

Lund, P. D., Lindgren, J., Mikkola, J., & Salpakari, J. (2015). Review of energy system flexibility measures to enable high levels of variable renewable electricity. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 45, 785–807.

Zandi, I., Pahlavani, P., Lotfata, A., & Ata, B. (2025). A GIS-based fermatean fuzzy MCDM approach for identifying the optimal sites for solar power plant installation in Kermanshah Province. Scientific Reports, 15 (1), 33245.

Esin, Y. (2025, September 30). Türkiye' de pv teknolojilerinin sosyo - ekonomik etki değerlendirmesi. In OpenMETU. Middle East Technical University116061

© 2026 ISARC Academy

MEKKE ORTAK SAVUNMA ANTLAŞMASI (MEKKE PAKTI) VİZYONUNUN İLERİ TAHMİNLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Faruk KILIÇ

Milli Savunma Üniversitesi Kara Harp Okulu / Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara

ORCID ID: 0000-0002-9978-1972

Dr. Öğr. Üyesi Müjdat ÖZTÜRK

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü Kırşehir/Türkiye

ORCID ID: 0000-0003-1800-2234

Öğr. Gör. Dr. Ramazan KAYABAŞI

Kastamonu Kayseri Üniversitesi Tomarza Mustafa Akıncıoğlu MYO, İnşaat Bölümü, Kayseri

ORCID ID: 0000-0001-6195-7445

ÖZET

Türkiye-Suudi Arabistan ve Pakistan arasında 7 Ağustos 2026 tarihinde imzalanan Mekke ortak savunma Anlaşmasının sunduğu jeopolitik ekonomik ve çevresel potansiyeli ileri tahmin analizleri yoluyla niceliksel olarak incelenmektedir. Pakt üye ülkeler arasında savunma, güvenlik, ekonomik entegrasyon ve sürdürülebilir kalkınma alanlarında stratejik ortaklıklara zemin hazırlamaktadır. Araştırma kapsamında üç üye ülkenin 1950-2023/2024 yıllarına ait tarihsel demografik Gayri Safi Yıllık Hasıla (GSYH) ve kişi başına düşen karbon emisyon verileri temel alınarak doğrusal regresyon modelleri 2050 yılına kadar uzanan projeksiyonlar gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen bulgular Mekke parkının insan kaynağı ve ekonomik büyüklük bakımından 2050 yılına kadar istikrarlı bir yükseliş trendi izleyeceğini göstermektedir. Nüfus projeksiyonlarına göre Pakistan'ın 352.6 milyona Türkiye'nin 113.1 milyona ve Suudi Arabistan'ın 50.4 milyona ulaşması öngörülmektedir. Bu demografik genişleme hem askeri caydırıcılık kapasitesini hem de bölgesel pazar ölçeğini güçlendirecektir. Benzer şekilde kişi başına GSYH değerlerinin Suudi Arabistan'a 72.170 $'a Türkiye'de 55.676 $'a ve Pakistan'da 8.415 $'a yükseleceği tahmin edilmektedir.

Ancak ekonomik büyüme ve nüfus artışına paralel olarak karbon emisyonlarında da artış beklenmektedir. 2050 yılındaki kişi başı karbon emisyonlarının Türkiye'de 7.75 tona Suudi Arabistan'da 27.96 tona Pakistan'da 0.98 tona ulaşacağı öngörülmektedir. Bu durum hattın askeri ve ekonomik güç odağı olma hedefini "net sıfır" ve "karbon nötr" ilkeleri ile desteklenmesini kaçınılmaz kılmaktadır. Sonuç olarak çalışma Pakt üyelerinin yeşil teknoloji transferi, yenilenebilir enerji dönüşümü ve ortak istişare mekanizmalarını stratejik odalarına dahil etmelerinin bölgesel sürdürülebilirlik açısından hayati önem taşıdığını vurgulamaktadır.

Anahtar kelimeler: Mekke Paktı, İleri Tahmin, Karbon Emisyonu

© 2026 ISARC Academy

EVALUATING THE VISION OF THE MECCA JOINT DEFENSE AGREEMENT (MECCA PACT) USING FORECASTING

ABSTRACT

Rare This study quantitatively examines—through predictive analysis—the geopolitical, economic, and environmental potential offered by the Mecca Joint Defense Agreement, signed on August 7, 2026, among Turkey, Saudi Arabia, and Pakistan. The pact paves the way for strategic partnerships among member states in the fields of defense, security, economic integration, and sustainable development. Within the scope of the research, projections extending to the year 2050 were generated using linear regression models based on historical data—spanning 1950 to 2023/2024—regarding demographics, Gross Domestic Product (GDP), and per capita carbon emissions for the three member countries.

The findings indicate that the Mecca Pact bloc will follow a steady upward trend in terms of human capital and economic scale through 2050. Population projections estimate that Pakistan will reach 352.6 million, Türkiye 113.1 million, and Saudi Arabia 50.4 million. This demographic expansion will strengthen both military deterrence capabilities and the scale of the regional market. Similarly, per capita GDP values are projected to rise to $72,170 for Saudi Arabia, $55,676 for Türkiye, and $8,415 for Pakistan.

However, an increase in carbon emissions is also anticipated in parallel with economic growth and population expansion. It is projected that per capita carbon emissions in 2050 will reach 7.75 tons in Türkiye, 27.96 tons in Saudi Arabia, and 0.98 tons in Pakistan. This situation necessitates supporting the alliance's objective of becoming a hub of military and economic power with "net-zero" and "carbon-neutral" principles. Consequently, the study emphasizes that the integration of green technology transfer, renewable energy transition, and joint consultation mechanisms into the strategic agendas of the Pact members is vital for regional sustainability.

Keywords: Mecca Pact, Future Forecasting, Carbon Emission

1. GİRİŞ

Türkiye, Pakistan ve Suudi Arabistan devletleri ilk tarihi dönemlerde küçük ölçekli birçok amlaşma yapmışlardır. Son yüzyılda Türkiye özelinde ve çevresinde birçok anlaşma ve birlikte davranma konusunda organize olmuştur. Bunların birkaçını hatırlatacak olursak; Bağdat Paktı (1955) Türkiye Irak Sovyetler Birliği, İngiltere ve ABD gibi ülkeler arasında yapılmıştır (Soysal 1991). Birleşmiş Milletler Cemiyeti (Bodur 2005), Balkan Birliği İçin Balkan Barışı ve Balkan Paktı (9 Şubat 1934) (Gönlübol 1999), Akdeniz Paktı (Çalıkkılıç 2025), Montrö Barışı 1936 (Nersesoğlu 2022), Sadâbat Paktı (8 Temmuz 1937) (Uçarol 1995; Bayülken 2011), Irak ve Musul Politikası (Kürkçüoğlu 1978), Filistin Politikası(1930-1938) (Sırım 2021) gibi birçok anlaşma yapılmıştır. Türkiye Pakistan ve Suudi Arabistan devletleri olarak bölgesel küresel barış sağlama kararlılığımız doğrultusunda 7 Ağustos 2026 tarihinde Mekke ortak savunma anlaşması Mekke Paktını resmi olarak imzalanmıştır. Bu Pakt üç ülke arasında savunma Güvenlik ekonomik entegrasyon ve sürdürülebilir kalkınma alanlarında stratejik ortaklıklara zemin hazırlamaktadır. Anlaşma askeri ve güvenlik iş birlikleri ile sınırlı kalmayıp nüfus potansiyellerini ve ekonomik büyüme ivmelerini ortak bir refah vizyonu çerçevesinde birleştirmektedir. Bu nedenle, Paktın işlerliğini sınamak ve üyeler arasındaki beklentileri netleştirmek amacıyla, kriz hâlinde devreye girecek aşamalı istişare usulleri ile düzenli ortak tatbikat ve gözden geçirme mekanizmalarının anlaşma metnine dâhil edilmesi değerlendirilebilir (Johnson 2015). Ayrıca, söz konusu mekanizmaların teknolojik iş birliği ve savunma sanayii entegrasyonu ile desteklenmesi, bölgesel caydırıcılık kapasitesinin uzun vadede kurumsallaşmasına imkân tanıyacaktır. Bu bağlamda, Türkiye ve Pakistan'ın geçmişte olduğu gibi (Awan 2023) ortak terörle mücadele ve bölgesel güvenlik stratejileri, Mekke Paktı'nın savunma sanayii odaklı teknolojik bağımsızlık vizyonu ile bütünleştirilmelidir. Böylece, geçmişteki Sadabat ve Bağdat Paktı örneklerinde olduğu gibi güvenlik

© 2026 ISARC Academy

merkezli bir iş birliği yapısı, günümüzün gereklilikleri doğrultusunda çok boyutlu bir savunma ve kalkınma vizyonuna dönüştürülmüş olacaktır (Tuna 2020).

Bununla birlikte, üye devletlerin sahip olduğu askeri kapasite ve bölgesel jeopolitik ağırlık, paktın sadece bir savunma bloğu değil, aynı zamanda uluslararası arenada caydırıcı bir güç odağı olmasını sağlamaktadır (Bağcı 2023; Güdül 2021). Bu iş birliği modeli, 1930'lu yılların güvenlik arayışlarında olduğu gibi, bölge ülkelerinin sınır güvenliğini tehdit eden dış yayılmacı politikalara karşı ortak bir savunma kalkanı oluşturarak bölgesel istikrarın teminatı olma potansiyeli taşımaktadır (Gürbüz 2023). Ancak, bu tür bir dengelemenin çatışma riskini azaltabilmesi, kapasite artışının tek başına caydırıcılık sağlayacağı varsayımına değil, üyeler arasında şeffaflık, düzenli istişare ve güven artırıcı uygulamalarla desteklenmesine bağlıdır. Aksi hâlde, komşu aktörlerin savunma amaçlı adımları tehdit olarak algılaması karşılıklı güvensizliği besleyebilir; bu nedenle paktın bölgesel istikrarı gözeten kapsayıcı diplomatik kanallarla birlikte işlemesi önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, Mekke Park'ta üyesi olan Türkiye, Pakistan ve Suudi Arabistan'ın 1950-2023/2024 yıllarına ait tarihsel demografik, ekonomik ve çevresel verilerini temel alarak 2050 yılına kadar olan dönemi kapsayan ileri tahmin (forecast) analizlerini gerçekleştirmektir. Yapılan bu ileri tahminler sayesinde Paktın önümüzdeki çeyrek asır boyunca elde edeceği potansiyel fırsatları ve çevresel sürdürülebilirlik açısından karşılaşacağı olası zorlukları niceliksel olarak ortaya koymayı hedeflemektedir.

2. METARYAL VE METOD

2.1. Mekke Pakti Üyelerinin Nüfus, Gayri Safi Yillik Hasila (Gsyh) Ve Karbon (Co_2) Salinimi Değerleri

2.1.1. Nüfus Potansiyeli

Güçlü insan kaynağı, Mekke Paktının gelecekteki en büyük caydırıcılık ve kalkınma güvencesidir. 2050 yılına kadar uzanan uzun vadeli kalkınma ve demografik projeksiyonlarımız çerçevesine veriler resmi kaynaklardan elde edilmiştir. Üç ülkenin 1950-2023 verileri Tablo 1'de verilmiştir (https://ourworldindata.org/).

Tablo 1. Pakistan, Suudi Arabistan ve Türkiye güncel nüfus verileri

	Pakistan	Suudi Arabistan	Türkiye
1950	35849256	1703280	21021142
1951	36581906	1763610	21643878
1952	37377005	1826521	22290093
1953	38229661	1892173	22958552
1954	39137072	1960632	23636110
1955	40098068	2031965	24310513
1956	41113927	2106234	25057603
1957	42185142	2183545	25880920
1958	43312058	2264105	26704966
1959	44495164	2348014	27526336
1960	45709314	2435410	28329895
1961	46921277	2526350	29119235
1962	48156130	2620915	29916149
1963	49447780	2719347	30726846
1964	50799995	2821970	31543074
1965	52209015	2928780	32345213
1966	53678671	3039891	33177679
1967	55214772	3157247	34050420
1968	56810512	3282707	34921681
1969	58460945	3417123	35787778

© 2026 ISARC Academy

1970	60166721	3562475	36638458
1971	61847896	3724039	37518610
1972	63583192	3905729	38430215
1973	65461912	4106346	39329533
1974	67415487	4323639	40210234
1975	69461179	4556289	41053123
1976	71620249	4807936	41899990
1977	73901831	5083043	42773301
1978	76307381	5381901	43645306
1979	78997040	5703704	44510430
1980	82291008	6047997	45408818
1981	85802048	6420554	46321190
1982	89089247	6824484	47322104
1983	92227711	7252947	48447413
1984	95164940	7697312	49574065
1985	98229291	8151782	50687118
1986	101606770	8628639	51777768
1987	105130710	9130207	52843671
1988	108724740	9629172	53909628
1989	112336634	10128397	54976719
1990	116155584	10640697	56015627
1991	120060409	11160752	57009892
1992	123546855	11686682	57990121
1993	127020117	12215864	58999164
1994	130748076	12750037	60033832
1995	134582255	13289246	61024501
1996	138557089	13831002	61951134
1997	142531801	14374948	62852968
1998	146522354	14922188	63734385
1999	150565381	15472076	64591916
2000	154879124	16177733	65425957
2001	159270910	17041405	66245125
2002	163222552	17910909	67048792
2003	167110250	18786771	67831735
2004	171285999	19669486	68592621
2005	175453212	20559886	69329557
2006	179682690	21459141	70045351
2007	184493231	22368313	70750593
2008	189499112	23287884	71562343
2009	194376535	24217656	72464846
2010	199239048	25157134	73346766
2011	203746069	26105636	74215203
2012	207667129	27062447	75197196
2013	211073979	28026825	76403032
2014	214264649	28998127	78036154
2015	217290884	29974944	80014222
2016	220138863	30717804	81652087
2017	223273974	30782400	83083667
2018	226928893	30365119	84415966
2019	230800908	30472809	85357670
2020	235001745	30991206	86091691
2021	239477805	31328374	86686254
2022	243700667	32175351	87058469
2023	247504505	33264289	87270502

© 2026 ISARC Academy

2.1.2. Gayri Safi Yıllık Hasıla

Gayri Safi Yurtiçi Hasıla İngilizce adıyla GDP (Gross Domestic Product), bir ülkenin sınırları içinde belirli bir zaman diliminde üretilen nihai mal hizmetlerinin toplam piyasa değeridir. Bir ülkenin ekonomik büyüklüğünü ve üretim gücünü gösteren en temel göstergedir. Uluslararası karşılaştırma olanağı sağlamakla beraber ülkelerin ekonomik büyüklüklerini karşılıklı kıyaslama yapmak için en önemli kullanılan argümanlardan birisidir. Politika yapıcılar için bir rehberdir. Hükümet ve Merkez bankaları faiz vergi ve bütçe kararlarına GSYH verilerine göre şekillendirir. GSYH hesaplama genel olarak harcamalar yöntemi ile hesaplanır ve formülü Eşitlik1'de verilmiştir.

$$GSYH = C + I + G + (X - M) \quad (1)$$

C (özel tüketim harcamaları): Hane halklarının giyim, gıda, sağlık ve benzeri içerikli harcamalarıdır.

I (yatırım harcamaları): Şirketlerin makine teçhizat ve bina yatırımlarını içerir.

G (devlet harcamaları): Savunma, kamu hizmeti, okul ve yol yatırımları (sosyal yardımlar hariç).

Kişi Başına GSYH Toplam GSYH'nın ülke nüfusuna bölünmesiyle bulunur. Bireylerin ortalama refah düzeyi hakkında fikir verir (Eşitlik 2).

$$\text{Kişi Başı GSYH} = \text{GSYH} / \text{Nüfus} \quad (2)$$

Tablo 2. Pakistan, Suudi Arabistan ve Türkiye güncel GSYH verileri (https://ourworldindata.org/). Tablo 2'de verilen veriler dolar ($) birimindedir.

	Pakistan	Suudi Arabistan	Türkiye
1950	1025	3556	2079
1951	969	3784	2299
1952	950	3937	2522
1953	1015	4246	2745
1954	1014	4642	2609
1955	1012	4658	2754
1956	1017	4901	2777
1957	1036	4972	2920
1958	1025	5107	2973
1959	1009	5512	3030
1960	1031	5928	3041
1961	1066	6481	3022
1962	1114	7085	3142
1963	1152	7516	3374
1964	1208	7978	3453
1965	1229	8717	3481
1966	1294	9726	3824
1967	1307	10302	3929
1968	1361	10916	4122
1969	1411	11429	4267
1970	1517	12153	4398
1971	1484	13509	4715
1972	1455	15138	4929
1973	1521	17598	5050
1974	1533	19659	5353
1975	1559	18788	5719

© 2026 ISARC Academy

1976	1604	19297	6110
1977	1631	20824	6271
1978	1720	20593	6350
1979	1733	20472	6204
1980	1851	21068	6070
1981	1924	21393	6201
1982	2002	20535	6381
1983	2077	17315	6489
1984	2106	16343	6736
1985	2230	14422	6958
1986	2302	12897	7323
1987	2364	12919	7838
1988	2442	12795	8019
1989	2487	12758	7992
1990	2531	14335	8606
1991	2644	16830	8658
1992	2732	17905	9150
1993	2777	18101	9865
1994	2855	18678	9308
1995	2947	19223	9962
1996	2979	20280	10644
1997	2986	21087	11432
1998	3035	22310	11772
1999	3111	22058	11151
2000	3154	23904	11904
2001	3176	24191	10950
2002	3265	24053	11753
2003	3437	27367	12380
2004	3664	30233	13423
2005	3883	32700	14487
2006	4062	34483	15425
2007	4160	36070	16090
2008	4224	39393	16182
2009	4288	39671	15188
2010	4354	42737	16528
2011	4464	48470	17919
2012	4538	49835	18539
2013	4638	50021	19855
2014	4750	50790	20557
2015	4889	51941	21519
2016	5030	51959	21937
2017	5189	50593	23278
2018	5299	50906	23650
2019	5219	50123	23497
2020	5242	46723	23721
2021	5463	49841	26175
2022	5531	53516	27361

2.1.3. Çevresel Sürdürülebilirlik ve Karbon Emisyonu Taahhüdü

Çevresel sürdürülebilirlik, doğal kaynakları gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmayacak şekilde tüketmek ve ekosistem dengesini koruyarak yaşama kurallarıdır. Yenilenebilir enerjiye geçiş döngüsel ekonomiyi su kaynaklarının korunması ve biyo çeşitliliğin muhafazası temel odak noktasıdır.

Çevresel sürdürülebilirlik doğal kaynakları gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmayacak şekilde tüketmek ve ekosistem dengesini koruyarak yaşama kurallarıdır yenilenebilir enerjiye geçiş döngüsel ekonomiyi su kaynaklarının korunması ve biyo çeşitliliğin muhafazası temel odak noktasıdır.

© 2026 ISARC Academy

Dünya genelinde hükümetler ve uluslararası kuruluşlar (Paris İklim Anlaşması çerçevesinde) küresel sıcaklık artışını Sanayi öncesi döneme kıyasla 1,5 °C ile sınırlandırma hedefini benimsemiştir. Temel taahhüt türleri hakkında bilgi verecek olursak. Belirli bir dönemde üretilen karbon emisyonların, eş değer miktarda karbon dengeleme projeleri ile sınıflandırılması karbon nötr olarak bilinmektedir. Yalnızca telafi etmek yerine, tüm değer zincirindeki emisyonları bilimsel olarak mümkün olan en alt seviyeye indirmek ve geriye kalan kaçınılmaz emisyonları kalıcı olarak atmosferden yakalayıp depolama net sıfır olarak bilinmektedir. Tablo 3'te Pakistan, Suudi Arabistan ve Türkiye'nin güncel karbon emisyonları 1950 -2024 tarihleri arası görülmektedir. Tablo 3'de verilen veriler kişi başına düşen karbon (CO_2) emisyonu miktarı olup ton (tonnes per person) birimindedir.

Tablo 3. Pakistan, Suudi Arabistan ve Türkiye güncel Karbon Emisyonu verileri (https://ourworldindata.org/).

	Pakistan	Suudi Arabistan	Türkiye
1950	0,15	3,02	0,45
1951	0,18	0,00	0,47
1952	0,19	0,00	0,47
1953	0,19	0,25	0,56
1954	0,18	0,63	0,57
1955	0,19	1,04	0,56
1956	0,21	0,77	0,57
1957	0,22	0,96	0,62
1958	0,24	0,88	0,60
1959	0,22	0,79	0,62
1960	0,26	1,10	0,59
1961	0,26	1,41	0,60
1962	0,28	2,38	0,72
1963	0,32	2,55	0,74
1964	0,32	2,50	0,83
1965	0,32	1,44	0,85
1966	0,32	2,11	0,95
1967	0,33	8,07	0,98
1968	0,37	8,86	1,04
1969	0,35	10,32	1,08
1970	0,34	12,70	1,16
1971	0,31	16,05	1,27
1972	0,30	17,99	1,40
1973	0,31	23,15	1,51
1974	0,32	22,83	1,52
1975	0,33	18,27	1,59
1976	0,32	21,10	1,75
1977	0,33	23,23	1,90
1978	0,34	21,37	1,76
1979	0,36	24,19	1,69
1980	0,39	27,98	1,66
1981	0,40	27,30	1,71
1982	0,42	23,13	1,82
1983	0,43	22,17	1,86
1984	0,45	20,20	1,92
1985	0,48	21,15	2,09
1986	0,48	23,71	2,24
1987	0,50	20,86	2,44
1988	0,53	21,00	2,32
1989	0,54	20,08	2,51
1990	0,58	17,10	2,76
1991	0,56	21,91	2,83

© 2026 ISARC Academy

1992	0,58	23,62	2,88
1993	0,61	24,37	2,95
1994	0,64	22,84	2,84
1995	0,62	20,66	3,03
1996	0,68	19,49	3,28
1997	0,66	15,80	3,43
1998	0,66	14,67	3,38
1999	0,66	15,36	3,27
2000	0,67	19,14	3,56
2001	0,66	19,03	3,27
2002	0,68	19,37	3,35
2003	0,68	18,70	3,54
2004	0,73	20,73	3,61
2005	0,74	20,05	3,86
2006	0,77	20,74	4,07
2007	0,80	18,92	4,47
2008	0,78	20,16	4,37
2009	0,76	20,81	4,40
2010	0,74	22,09	4,35
2011	0,73	20,69	4,64
2012	0,72	22,38	4,77
2013	0,70	20,81	4,59
2014	0,70	20,18	4,71
2015	0,67	20,84	4,85
2016	0,80	20,87	4,97
2017	0,95	20,94	5,18
2018	0,90	21,48	5,02
2019	0,83	23,24	4,76
2020	0,92	21,09	4,84
2021	1,02	22,20	5,28
2022	0,87	20,73	5,10
2023	0,75	20,37	5,58
2024	0,72	20,38	5,87

2.1.4. İleri Tahmin Modeli

Bağımlı bir değişken **y** ile bir veya birden fazla bağımsız değişken **x** arasındaki fonksiyonel ilişkiyi tahmin etmek için en yaygın kullanılan yöntemlerden biri doğrusal regresyondur. Bu yaklaşımda, doğrusal ilişki varsayımı altında model katsayıları en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmektedir. Basit bir doğrusal regresyon modelinin matematiksel ifadesi Eşitlik (3) ile gösterilmiştir ve literatürde farklı uygulama alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Kim 2022).

FORECAST ve FORECAST.LINEAR işlevlerinin denklemi a+bx şeklindedir;

Bura da $a = \bar{y} - b \cdot \bar{y}$ (3)

ve $b = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sum(x-\bar{x})^2}$ (4)

olup, x ve y değerleri örneklem ortalamalarını temsil eder.

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Doğrusal regresyon analiz yardımıyla gerçekleştirilen demokratik projeksiyonlar, Mekke ortak savunma Anlaşması (Mekke Paktı) üyesi ülkelerin insan kaynağı potansiyelinin 2050 yılına kadar istikrarlı bir büyüme trendi izleyeceğini ortaya koymaktadır. Tablo 4'teki veriler incelendiğinde. Paktın en kalabalık üyesi konumdaki Pakistan'ın nüfusunun 2024 yılında yaklaşık 251.4 milyon seviyesinden başlayarak 2050 yılında 352.6 milyonu aşacağı öngörülmektedir (Eşitlik 3-4). Türkiye'nin nüfusunun 2024'teki 88.9

© 2026 ISARC Academy

milyonluk taban değerden 2050'de de 113.1 milyon civarına ulaşacağı tahmin edilmektedir. Suudi Arabistan nüfusunun ise aynı periyotta 33.9 milyondan 50.4 milyonun üzerine çıkacağı, tahmin edilmektedir. Bu demografik genişleme Pakt üyesi ülkeler arasında hem de stratejik caydırıcılık unsuru olan askeri insan gücünün sürdürülebilirliğini hem de bölgesel iş gücü ve tüketim pazarının ölçeğini güçlendirecek kritik bir dinamik olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 4. Pakistan, Suudi Arabistan ve Türkiye ileri tahmin nüfus verileri

	Pakistan	Suudi Arabistan	Türkiye
2024	251398308	33899461	88920243
2025	255291914	34535639	89850728
2026	259185520	35171818	90781213
2027	263079125	35807996	91711698
2028	266972731	36444174	92642183
2029	270866336	37080353	93572668
2030	274759942	37716531	94503153
2031	278653548	38352709	95433638
2032	282547153	38988887	96364123
2033	286440759	39625066	97294608
2034	290334365	40261244	98225093
2035	294227970	40897422	99155578
2036	298121576	41533601	100086063
2037	302015181	42169779	101016548
2038	305908787	42805957	101947033
2039	309802393	43442136	102877518
2040	313695998	44078314	103808003
2041	317589604	44714492	104738488
2042	321483210	45350671	105668973
2043	325376815	45986849	106599458
2044	329270421	46623027	107529943

© 2026 ISARC Academy

2045	333164026	47259205	108460428
2046	337057632	47895384	109390913
2047	340951238	48531562	110321398
2048	344844843	49167740	111251883
2049	348738449	49803919	112182369
2050	352632055	50440097	113112854

Tablo 5 verilerine ilişkin değerlendirme yapacak olursak çevresel sürdürülebilirlik ve Paris iklim Anlaşmasının 1,5 °C küresel sıcaklık artışı sınırlandırma hedefi bağlamında, Pakt üyelerinin 2025-2050 dönemi karbon emisyon projeksiyonları Tablo 5'te sunulmuştur. Yapılan doğrusal tahminlemeler ekonomik ve nüfus artışına paralel olarak üye ülkelerin karbon salınım değerlerinde kademeli bir artık eğilimi olacağını göstermektedir (Eşitlik 3-4). Bu kapsamda Türkiye'nin emisyon değerlerinin 2025'teki 5.91 tondan 2050 yılında 7.75 tona, Suudi Arabistan'ın emisyonlarının ise aynı dönemde 20.67 tondan 27.96 tona yükseleceği öngörülmektedir. Demografik ve sanayi tabanı daha geniş olan Pakistan'da ise emisyonların 0.73 tondan 0.98 ton seviyelerine ulaşması beklenmektedir. Elde edilen bulgular Mekke Paktı üyelerinin ekonomik entegrasyon ve kalkınma hamlelerini yürütürken "karbon nötr" ve "net sıfır" vizyonları doğrultusunda yenilenebilir enerjiye geçiş ve yeşil teknoloji yatırımlarını acilen stratejik planlarını dahil etmeleri gerektiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 5. Pakistan, Suudi Arabistan ve Türkiye ileri tahmin karbon emisyon verileri

	Pakistan	Suudi Arabistan	Türkiye
2025	0,73	20,67	5,91
2026	0,74	20,96	5,99
2027	0,75	21,25	6,06
2028	0,76	21,55	6,13
2029	0,77	21,84	6,21
2030	0,78	22,13	6,28
2031	0,79	22,42	6,35
2032	0,80	22,71	6,43
2033	0,81	23,00	6,50
2034	0,82	23,29	6,57
2035	0,83	23,59	6,65
2036	0,84	23,88	6,72
2037	0,85	24,17	6,80
2038	0,86	24,46	6,87
2039	0,87	24,75	6,94
2040	0,88	25,04	7,02
2041	0,89	25,33	7,09
2042	0,90	25,63	7,16
2043	0,91	25,92	7,24
2044	0,92	26,21	7,31
2045	0,93	26,50	7,38
2046	0,94	26,79	7,46
2047	0,95	27,08	7,53
2048	0,96	27,37	7,60

© 2026 ISARC Academy

2049	0,97	27,67	7,68
2050	0,98	27,96	7,75

Regesyon modellerinden elde edilen bulgular, Mekke Paktı üyelerinin önümüzdeki çeyrek asır boyunca ekonomik büyüme ivmelerini koruyacağını işaret etmektedir. Suudi Arabistan, kişi başına ve makro ekonomik büyüklükler bakımından Pakt içerisinde en yüksek GSYH seviyesini muhafaza ederek 2023 yılındaki 54.182 $'dan 2050 yılında 72.171 $'a ulaşacağı öngörülmektedir (Tablo 6). Türkiye'nin GSYH değerlerinin 28.372 $'dan 55.676 $'a, Pakistanın ise 5.645 $'dan 8.415 $'a yükseleceği tahmin edilmektedir (Eşitlik 3-4).

Tablo 6. Pakistan, Suudi Arabistan ve Türkiye ileri tahmin GSYH verileri

	Pakistan	Suudi Arabistan	Türkiye
2023	5645	54182	28372
2024	5747	54848	29383
2025	5850	55515	30394
2026	5953	56181	31406
2027	6055	56847	32417
2028	6158	57513	33428
2029	6260	58179	34439
2030	6363	58846	35451
2031	6466	59512	36462
2032	6568	60178	37473
2033	6671	60844	38485
2034	6773	61510	39496
2035	6876	62177	40507
2036	6979	62843	41518
2037	7081	63509	42530
2038	7184	64175	43541
2039	7286	64841	44552
2040	7389	65508	45564
2041	7492	66174	46575
2042	7594	66840	47586
2043	7697	67506	48597
2044	7799	68172	49609
2045	7902	68839	50620
2046	8005	69505	51631
2047	8107	70171	52643
2048	8210	70837	53654
2049	8312	71503	54665
2050	8415	72170	55676

Bu ekonomik büyüme projeksiyonları, Paktın öngördüğü ekonomik entegrasyon ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin finansal altyapısını destekler nitelikte olup üye ülkeler arası ticaret ve ortak yatırım potansiyeliler açısından güçlü bir zemin vaat ettiğini göstermektedir. Ancak bu makroekonomik iyileşmenin, bölge genelinde arz güvenliği ve enerji verimliliği odaklı yeni iş birliği mekanizmalarının tesis edilmesiyle ancak tam kapasiteyle realize edilebileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca, bu projeksiyonların gerçekleşmesi, bölgesel değer zincirlerinin dijitalleşmesi ve Ar-Ge odaklı katma değerli üretimin artırılması ile yakından ilintilidir. Dolayısıyla, Pakt bünyesinde teknoloji transferi ve beşerî sermaye yatırımlarını önceleyen kolektif bir strateji benimsenmesi, sürdürülebilir büyümenin yanı sıra üye ülkelerin küresel rekabet gücünü pekiştiren bir katalizör işlevi görecektir. Bu bağlamda, Pakt üyesi devletlerin enerji yoğun sanayi kollarından hizmet ve teknoloji odaklı sektörlere geçiş sürecini hızlandırmaları, hem çevresel hedeflerle uyumlu bir büyüme modeli hem de uzun vadeli ekonomik

© 2026 ISARC Academy

dayanıklılık için kritik öneme sahiptir. Özellikle Türkiye'nin üretim süreçlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması, büyüme hedefleri ile emisyon azaltım politikalarının birbirini destekleyen bir zemine oturtulmasını sağlayacaktır (Öztürk 2020). Benzer şekilde, Suudi Arabistan'ın "Vizyon 2030" kapsamında yürüttüğü ekonomik çeşitlendirme çalışmaları, hidrokarbon bağımlılığının azaltılmasında ve sanayi altyapısının sürdürülebilir enerji kaynaklarıyla entegrasyonunda belirleyici bir rol oynayacaktır. Yenilenebilir enerji yatırımlarının sanayi ve petrol dışı sektörlerdeki dönüşümle birlikte ilerlemesi, çeşitlendirme hedeflerinin çevresel sürdürülebilirlikle uyumunu güçlendirebilir; ancak yeni sanayi faaliyetlerinin karbon yoğun üretim biçimlerini kalıcılaştırmaması için yeşil teknolojilerin benimsenmesi gerekmektedir (Sallam 2025). Bu süreçte, Mekke Paktı üyeleri arasında kurulacak ortak bir "Yeşil Teknoloji Transfer Ağı", bölgesel ölçekte karbon ayak izini minimize ederken sanayi verimliliğini maksimize edecek bütünleşik bir iş birliği ekosistemi yaratılmasına olanak tanıyacaktır.

4. SONUÇLAR

Sonuç olarak; 7 Ağustos 2026 tarihinde imzalanan Mekke ortak salmanlaşması çerçevesinde Türkiye-Suudi Arabistan ve Pakistan'ın 2024-2050 dönemi ileri tahmin verileri incelendiğinde üye ülkelerin artan nüfus potansiyeli (Tablo 4) ve yükselen GSYH değeri (Tablo 6) ile bölgesel bir güç odağı ve sürdürülebilir bir ekonomik entegrasyon yapısı oluşturacakları öngörülmektedir. Buna karşın büyüme ve nüfus artışına paralel olarak tırmanış gösteren karbon emisyonu projeksiyonları (Tablo 5), Paktın askeri ve ekonomik caydırıcının çevresel sürdürülebilirlik ilkeleriyle desteklemesinin kaçınılmaz olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda Pakt üyelerinin küresel "net sıfır" ve "karbon nötr" hedeflerine uyum sağlayabilmesi adına yenilenebilir enerji dönüşümü, yeşil teknoloji yatırımları ve döngüsel ekonominin politikalarını stratejik odaklarının merkezine yerleştirmeleri hayati önem taşımaktadır.

Bununla birlikte, üye devletlerin ortak savunma ve enerji güvenliği protokollerini, çevre dostu standartlarla birleştiren bütüncül bir kurumsal çerçeve oluşturmaları, paktın bölgesel istikrarı kalıcı kılma kapasitesini artıracaktır. Sonuç itibarıyla, bölgesel iş birliğinin sadece ekonomik refahla değil, aynı zamanda iklim değişikliğiyle mücadelede sergilenecek ortak iradeyle de perçinlenmesi, Mekke Paktı'nı küresel ölçekte model teşkil eden bir jeopolitik aktöre dönüştürecektir. Bu dönüşüm süreci, yalnızca üye ülkelerin iç dinamiklerini değil, aynı zamanda uluslararası arenadaki stratejik konumlarını da yeniden tanımlayarak çok taraflı diplomasi ve ortak kalkınma modelleri için yeni bir paradigma oluşturma potansiyeli taşımaktadır. Böylece, ekonomik verimlilik ile çevresel sorumluluğun dengelendiği bu bütüncül yaklaşım, Pakt üyelerinin gelecekteki jeopolitik belirsizliklere karşı dayanıklılığını artırırken, bölgesel kalkınmada öncü ve sürdürülebilir bir modelin temelini atacaktır. Bu perspektif, bölgesel bir güvenlik ve refah bloku olarak Paktın, küresel enerji arz zincirlerindeki kritik konumunu güçlendirirken aynı zamanda iklim diplomasisi ekseninde öncü bir rol üstlenmesini mümkün kılacaktır. Ayrıca, üye ülkeler arasındaki teknolojik iş birliğinin derinleştirilmesi, enerji piyasalarında arz güvenliğini sağlarken, aynı zamanda bölgesel bir yenilik merkezi olma hedefinin gerçekleştirilmesine katkıda bulunacaktır. Üstelik bu çok katmanlı entegrasyon, üye devletlerin ulusal ekonomik ajandalarını bölgesel bir sinerji ile birleştirerek, dış şoklara karşı ortak bir bağışıklık mekanizması geliştirilmesine olanak tanıyacaktır. Bu dayanıklılığın kalıcı hâle gelmesi için bölge içi ticaretin derinleştirilmesi, ortak değer zincirlerinin güçlendirilmesi ve ticaret ortaklarının çeşitlendirilmesi önem taşımaktadır; zira bölgesel bağların güçlenmesi şokların etkisini hafifletebilir, ancak dış pazarlara ve sınırlı sayıdaki tedarikçilere bağımlılığın azaltılması da ekonomik kırılganlıkları sınırlamak açısından gereklidir.

KAYNAKLAR

Soysal, İ. (1991). 1955 Bağdat Paktı. BELLETEN, 55(212), 179-238. https://izlik.org/JA48GP49KH

Bodur, Harun, Kronolojik 20. Yüzyıl Siyasi Tarihi (1900-1999), Çağlar Yayınları, Ankara, 2005.

Gönlübol-Sar, Dilek Barlas, "Türkiye'nin 1930'lardaki Balkan Politikası", Çağdaş Türk Diplomasisi 200 Yıllık Süreç, Ed.: İsmail Soysal, Türk Tarih Kurumu, Ankara, 1999, s.361-362.

ÇALIKKILIÇ Yıldız, Kültürel Çalışmalar ve Strateji Dergisi, Akdeniz Paktı ve Türk Basınındaki Yankısı, Cilt 1 Sayı 1, 2025.

Nersesoğlu, H. (2022). Montreux Boğazlar Sözleşmesinin Ermeni Basınındaki Yansımaları. Tarih ve Gelecek Dergisi, 8(3), 846-858. https://doi.org/10.21551/jhf.1163063 .

Rıfat Uçarol, Siyasi Tarih (1789-1994), Filiz Kitabevi, İstanbul 1995, s. 577.

Haluk Bayülken, "Atatürk İlkelerinin Türk Dış Politikasına Etkisi", Atatürk Araştırma Merkezi Dergisi, S.36, C. 12, Kasım 1996: http://www.atam.gov.tr/index.php?Page=DergiI cerik& IcerikNo=714, 05,06, 2011 .

Ömer Kürkçüoğlu, Türk-İngiliz ilişkileri (19191926), Ankara, 1978, s.287.

Sırım, V. (2021). Türkiye'nin Tek Parti Dönemi Filistin Politikası ve Filistin'le Ekonomik İlişkileri (1923-1946). JOEEP: Journal of Emerging Economies and Policy, 6(1), 284-294. https://izlik.org/JA95NU68YB

Johnson, J. C., Leeds, B. A., & Wu, A. (2015). Capability, Credibility, and Extended General Deterrence. International Interactions, 41(2), 309–336.

Awan, A. U. H., & Tariq, R. (2023). From the perspective of two states one nation; an analysis of Turkey-Pakistan relations in the context of the defense ındustry (2001-2021). SDE Akademi Dergisi, 3(2), 155–180.

Tuna, f. (2020). Bölgeselleşme Kapsamında Türk Dış Politikasının Ekinliği ve İslam İşbirliği Teşkilatı Örneği. Gaziantep University Journal of Social Sciences, 19(4), 1580–1595.

Bağcı, H., & Demirel, M. (2023). Cumhuriyetin 100. Yılında Türk Dış Politikasına Dair Bir değerlendirme: Güvenlik Arayışından Güvenlik Sağlayan Küresel Oyunculuğa. DergiPark (Istanbul University), 22, 500–518.

Güdül, S. (2021). Amerika Birleşik Devletleri'nin NSC-68 Çerçevesinde Uyguladığı Soğuk Savaş Stratejisi ve Türkiye'ye Yansımaları. Gazi Akademik Bakış, 15(29), 291–310.

Gürbüz, K. (2023). Atatürk Döneminde Sadabat Paktı Çerçevesinde Türkiye'nin Ortadoğu Ülkeleri İle İlişkileri. Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9(1), 330–349.

https://ourworldindata.org/

Kim, S. J., Bae, S. J., & Jang, M. W. (2022). Linear regression machine learning algorithms for estimating reference evapotranspiration using limited climate data. Sustainability, 14(18), 11674. https://doi.org/10.3390/su141811674.

Öztürk, S., & Saygın, S. (2020). Türkiye'de 1974-2016 Döneminde Yapısal Kırılma Altında Kişi Başına Reel Gelir, Doğrudan Yabancı Yatırımlar, Ticari Açıklık ve Karbon Emisyonları Arasındaki İlişki. Sosyoekonomi, 28(44), 69–90. https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2020.02.04

Sallam, M. A. M., Sadraoui, T., & Alwehaibi, S. A. (2025). Building a Green Economy: The Role of Sustainable Energy in Saudi Arabia's Economic Diversification under Vision 2030. International Journal of Energy Economics and Policy, 16(1), 847–857. https://doi.org/10.32479/ijeep.21680

© 2026 ISARC Academy

YEDİVEREN LİMONU'NUN MİKRO ÇOĞALTIMI

Dr. Muhammet Anıl AYDIN[1]
Orcid No: 0000-0001-6729-6465

Prof. Dr. Gülsüm ÖZTÜRK[1]
Orcid No: 0000-0002-8701-790X

[1]Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 35040, Bornova, Izmir, Türkiye

ÖZET

Yediveren limonu ılıman, subtropikal ve Akdeniz iklim koşullarında yetişebilen, yıl boyunca meyve ve çiçek verebilen güzel koku yayan bir limon çeşididir. Meyveleri yüksek besin değerine sahip ve lezzetli bir türdür. İyi bir C vitamini kaynağı olması yanında, sitrik asit, fenolik asitler ve flavonoidler bakımından da zengindir. Yediveren limonu çelik, aşı, tohum gibi geleneksel çoğaltım yöntemleri yanında doku kültürü ile de çoğaltılmaktadır. Bu çalışmada yediveren limon çeşidinin nodal eksplantları kaynak olarak kullanılmıştır. MS+0.1 mg/L GA_3+0.1 mg/L BAP ortamı IAA, IBA ve NAA (0.1 mg/L) ile zenginleştirilerek kültüre alınmıştır. Sürgün sayısı, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı bakımından 0.1 mg L^{-1} NAA içeren ortam başarılı bulunmuştur. Bu sonuçlar, yediveren limonunun *in vitro* çoğaltımının ticari fide üretimi açısından potansiyel taşıdığını göstermektedir. Tam bitkilerin elde edilmesine yönelik yeni çalışmaların yapılması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Yediveren, mikro çoğaltım, IAA, NAA, IBA

MICROPROPAGATION OF 'YEDIVEREN' LEMON

ABSTRACT

'Yediveren' lemon is a lemon cultivar that can be grown under temperate, subtropical, and Mediterranean climatic conditions and is capable of producing flowers and fruits throughout the year. It is also characterized by its pleasant fragrance. Its fruits are nutritious and flavorful. In addition to being a good source of vitamin C, they are rich in citric acid, phenolic acids, and flavonoids. Yediveren lemon can be propagated by conventional methods such as cuttings, air layering, and seeds, as well as by tissue culture techniques.

In this study, nodal explants of Yediveren lemon were used as the explant source. The explants were cultured on MS medium supplemented with 0.1 mg L^{-1} GA_3 and 0.1 mg L^{-1} BAP, together with 0.1 mg L^{-1} IAA, IBA, and NAA. The medium containing 0.1 mg L^{-1} NAA showed the best performance in terms of shoot number, shoot length, and number of leaves. These results indicate that Yediveren lemon has potential for commercial seedling production through *in vitro*. Further studies are recommended to obtain complete plantlets.

Keywords: Yediveren, micropropagation, IAA, NAA, IBA

GİRİŞ

Citrus (limon) *Aurantoideae* familyası Rutaceae'ye ait meyve grubunda yer alan, günümüzde en çok tüketilen narenciye grubudur (Perez and Pollack, 2003; Gemici, 2024). Limon cinsi 3-15 m boylanan yaprak dökmeyen, Akdeniz bölgesi başta olmak üzere sıcak ve ılıman iklime sahip bölgelerde doğal olarak yetişmekle birlikte soğuğa karşı hassastır (Mabberley, 2004). Yediveren limonu diğer çeşitlere

© 2026 ISARC Academy

göre daha tatlıdır, daha az asidiktir ve daha yüksek meyve suyu içeriğine sahiptir. Kokusu, içerdiği C vitamini (askorbik asit) ve sitrik asit açısından zengindir. Anavatanı Çin olarak bilinmektedir (Haradzi et al., 2021). Bu özelliği ile diğer limon çeşitlerinden ayrılmaktadır. Meyveleri flavonoid, limonoid, fenolik ve karboksilik asitler ile Ca, Mg, P, K, Na mikro elementler içermektedir. A, B ve C vitamini içeriğine sahiptir (Gemici, 2024). Limonun çoğaltımında çelikle çoğaltma, göz aşısı ve diğer aşılama yöntemleri gibi vejetatif çoğaltma tekniklerinden yararlanılmaktadır (Neelavathi et al., 2024). Tohumla çoğaltımın uzun yıllar sürmesi, genetik açılım olması ve elde edilen fidelerde uniformitenin sağlanamaması gibi nedenlerle ticari üretimde vejetatif çoğaltma tercih edilmektedir. Bunun yanında, turunçgillerde *in vitro* kültür teknikleri; virüs ve diğer aşıyla taşınan hastalıklardan ari çoğaltım materyalinin elde edilmesi, genetik kaynakların ve nesli tehlike altında bulunan türlerin korunması ile genetik transformasyon ve modern ıslah çalışmalarında tercih edilmektedir (Chand et al., 2013; Laskar et al., 2009; Poles et al., 2020). Yapılan çalışmalarda, geleneksel vejetatif çoğaltma yöntemlerinin zaman alıcı ve mevsime bağlı olmasına karşılık, *in vitro* mikroçoğaltım tekniklerinin kısa sürede çok sayıda bitki elde edilmesine, yıl boyunca kontrollü koşullarda üretim yapılmasına ve hastalıklardan ari bitki materyalinin üretilmesine olanak sağladığı bildirilmektedir (Navarro et al., 1975; Goswami et al., 2013; Hesami et al., 2022).

Bu çalışma ile yediveren limon çeşidinin nodal eksplantlarının *in vitro* koşullarda IAA, IBA ve NAA içeren besin ortamlarında *in vitro* sürgün rejenerasyonu amaçlanmıştır. Böylece bu türün ticari üretimde *in vitro* fide üretim olanakları belirlenecektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Doku Kültürü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Genetik materyal olarak Yediveren limonuna ait nodal eksplantlar kullanılmıştır. Eksplantların yüzey sterilizasyonu amacıyla materyaller %70'lik etil alkol içerisinde 5 dakika tutulmuş, ardından %2.5'lik NaClO (sodyum hipoklorit) çözeltisinde 3 dakika bekletilmiştir. Sterilizasyon işlemi sonrasında eksplantlar steril distile su ile 3 kez yıkanarak kültüre alınmıştır. Besin ortamı olarak MS (Murashige ve Skoog, 1962) temel besin ortamı kullanılmış ve ortama 0.1 mg L^{-1} GA_3 ile 0.1 mg L^{-1} BAP ilave edilmiştir. Oksinlerin *in vitro* gelişim üzerine etkisini belirlemek amacıyla bu ortam 0.1 mg L^{-1} IAA, 0.1 mg L^{-1} IBA ve 0.1 mg L^{-1} NAA ile zenginleştirilmiştir. Kültürler, 25 ± 2 °C sıcaklıkta ve 16 saat aydınlık/8 saat karanlık fotoperiyotda inkübe edilmiştir. Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Kültür süresi sonunda sürgün sayısı, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler Totemstat (Açıkgöz et al., 2004) programı kullanılarak analiz edilmiş ve uygulama ortalamaları Steel ve Torrie (1980)'ye göre karşılaştırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yediveren limonunun nodal eksplantlarının *in vitro* rejenerasyonunda sürgün sayısı, sürgün uzunluğu (cm) ve yaprak sayısı özelliklerine ait ortalamalar ile LSD ve F değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Yediveren limonunun farklı oksin içeren besin ortamlarında *in vitro* sürgün sayısı, sürgün uzunluğu (cm) ve yaprak sayısı özelliklerine ait ortalamalar, LSD ve F değerleri.

Ortam no	Ortam	Sürgün sayısı	Sürgün uzunluğu (cm)	Yaprak sayısı
1	0.1 mg L^{-1} IAA	1.0^{a}	0.2^{b}	1.3^{b}
2	0.1 mg L^{-1} NAA	0.7^{a}	2.3^{a}	3.3^{a}
3	0.1 mg L^{-1} IBA	0.3^{a}	$0,2^{b}$	1.3^{b}
$LSD_{(0.05)}$		0.942	0.692	1.154
F		1.500^{ns}	36.750**	12.000**

**: $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli

^{ns}: önemsiz

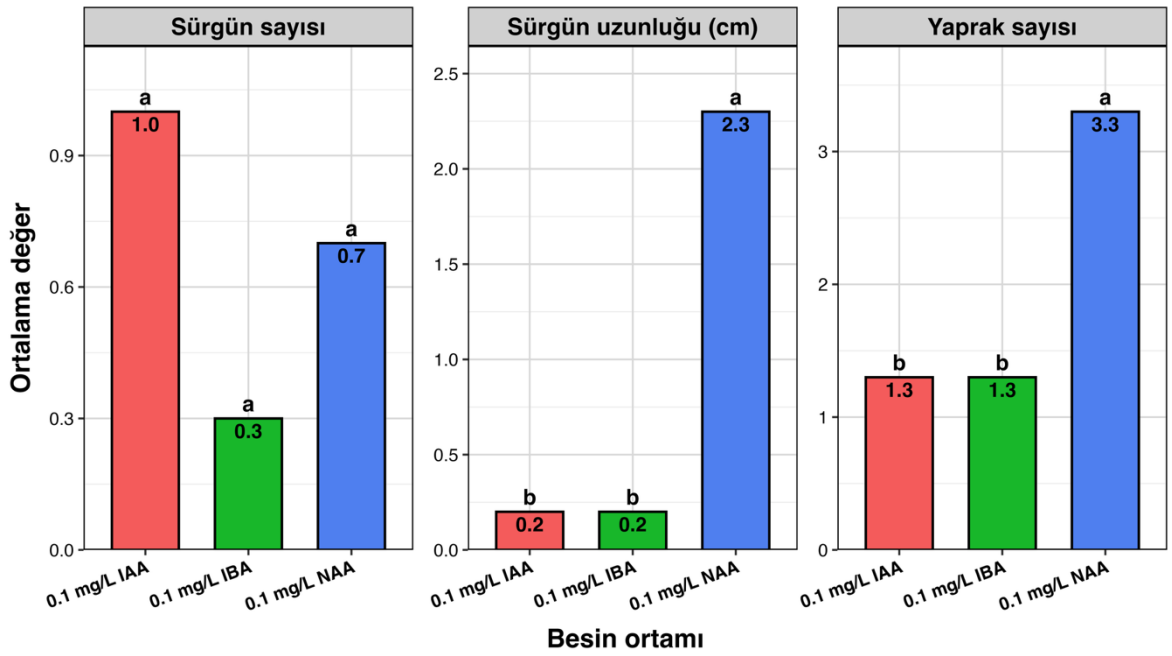
© 2026 ISARC Academy

Çizelge 1'de verilen F değerleri incelendiğinde, Yediveren limonunda sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı bakımından uygulamalar arasındaki farklılıkların $p \leq 0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğu, sürgün sayısı bakımından ise farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmektedir. Sürgün sayısında en yüksek ortalama değer 1.0 adet ile 0.1 mg L^{-1} IAA uygulamasından elde edilmiştir.

Sürgün uzunluğu bakımından en yüksek değer 2.3 cm ile 0.1 mg L^{-1} NAA içeren besin ortamında belirlenirken, 0.1 mg L^{-1} IAA ve 0.1 mg L^{-1} IBA uygulamalarında sürgün uzunluğu 0.2 cm olarak gerçekleşmiştir. Benzer şekilde, yaprak sayısı bakımından da en yüksek değer 3.3 adet ile 0.1 mg L^{-1} NAA uygulamasından elde edilmiş, IAA ve IBA içeren ortamlarda ise bu değer 1.3 adet olarak belirlenmiştir. Al-Bahrany (2002), *Citrus aurantifolia* nodal eksplantlarında NAA içeren besin ortamlarının sürgün uzaması ve yaprak gelişimi üzerinde olumlu etkiler oluşturabildiğini bildirmiştir. Çalışmada en yüksek sürgün uzunluğu NAA içeren hormon kombinasyonundan elde edilirken, en iyi yaprakların da Kinetin ve NAA içeren ortamda oluştuğu bildirmiştir.

Bu bulgular, kullanılan oksin türünün Yediveren limonunun *in vitro* gelişimini özellikle sürgün uzaması ve yaprak oluşumu bakımından önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, 0.1 mg L^{-1} NAA içeren besin ortamının sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı bakımından IAA ve IBA içeren ortamlara göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık, sürgün sayısında IAA uygulamasında yüksek değer elde edilmesine rağmen bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olmaması, incelenen oksinlerin sürgün sayısı üzerindeki etkisinin sınırlı düzeyde kaldığını göstermektedir.

Yediveren limonunun farklı oksin içeren besin ortamlarında sürgün sayısı, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısına ait ortalama değerlerin dağılımı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Yediveren limonunun farklı oksin içeren besin ortamlarında sürgün sayısı, sürgün uzunluğu (cm) ve yaprak sayısı ortalamalarının dağılımı.

SONUÇ

Bu çalışmada Yediveren limonunun nodal eksplantlarının *in vitro* çoğaltımında farklı oksin uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı bakımından uygulamalar arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğunu, sürgün sayısı

© 2026 ISARC Academy

bakımından ise önemli olmadığını göstermiştir. Sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı açısından en yüksek değerler 0.1 mg L^{-1} NAA içeren besin ortamından elde edilirken, sürgün sayısında en yüksek ortalama 0.1 mg L^{-1} IAA uygulamasında belirlenmiş, ancak bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Genel olarak, 0.1 mg L^{-1} NAA içeren ortamın Yediveren limonunun *in vitro* sürgün gelişimi ve yaprak oluşumu açısından daha uygun olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, Yediveren limonunun *in vitro* çoğaltımında uygun oksin türü ve dozunun belirlenmesinin rejenerasyon başarısı açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, farklı NAA konsantrasyonları ile birlikte çeşitli büyüme düzenleyicilerinin birlikte denenmesine yönelik çalışmaların yapılması önerilmektedir. Bu çalışma ön çalışma niteliğinde olup, Yediveren limonunda köklü tam bitki rejenerasyonunun sağlanmasına yönelik daha kapsamlı denemelere temel oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

Abdalla, N., El-Ramady, H., Seliem, M. K., El-Mahrouk, M. E., Taha, N., Bayoumi, Y., Shalaby, T. A. and Dobránszki, J. (2022). An Academic and Technical Overview on Plant Micropropagation Challenges. Horticulturae, 8(8), 677. https://doi.org/10.3390/horticulturae8080677

Acikgoz, N., Ilker, E., and Gokcol, A., 2004. Assessment of biological research on the computer. Ege University, TOTEM, Izmir.

Al-Bahrany, A. M. (2002). Effect of phytohormones on in vitro shoot multiplication and rooting of lime Citrus aurantifolia (Christm.) Swing. Scientia Horticulturae, 95(4), 285-295. 10.1016/S0304-4238(01)00349-1

Babaoğlu, M., Yorgancılar, M. and Akbudak, M.A. 2001. Doku kültürü: temel laboratuar teknikleri, Bitki Biyoteknolojisi I, (çev: Özcan, S., Gürel, E., Babaoğlu, M.), Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, Konya.

Chand, L., Sharma, S., Dalal, R., & Poonia, A. K. (2013). In vitro shoot tip grafting in citrus species—A review. Agric. Rev, 34(4), 279-287. doi: 10.5958/j.0976-0741.34.4.013

Gemici, T., (2024). Orman Ürünlerinde Elde Edilen Reçinenin Yediveren Limon Meyvesi Üzerindeki Raf Ömrü Denemeleri, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı Gıda Mühendisliği Programı Yüksek Lisans Tezi.

Goswami, K., Sharma, R., Singh, P. K. and Singh, G. (2013). Micropropagation of seedless lemon (Citrus limon L. cv. Kaghzi Kalan) and assessment of genetic fidelity of micropropagated plants using RAPD markers. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *19*(1), 137-145. https://doi.org/10.1007/s12298-012-0148-0

Haradzi, N. A., Khor, S. P., Subramaniam, S. and Chew, B. L. (2021). Regeneration and micropropagation of Meyer lemon (Citrus x meyeri) supported by polymorphism analysis via molecular markers. Scientia Horticulturae, 286, 110225.https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2021.110225.

Laskar, M. A., Hynniewta, M. and Rao, C. S. (2009). In vitro propagation of Citrus indica Tanaka—An endangered progenitor species. Indian Journal of Biotechnology, 8, 311-316.

Mabberley, D. J. (2004). Citrus (Rutaceae): a review of recent advances in etymology, systematics and medical applications. Blumea-Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants, 49(2-3), 481-498.

Murashige T. and Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco cultures. Physiologia Plantarum, 15: 473–479.

Navarro, L., Roistacher, C. N. and Murashige, T. (1975). Improvement of Shoot-tip Grafting in vitro for Virus-free Citrus1. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *100*(5), 471-479. DOI: 10.21273/jashs.100.5.471

© 2026 ISARC Academy

Neelavathi, R., Shankaraswamy, J., Indu, R. C. and Arumuganathan, T. (2024). Propagation of acid lime, Citrus aurantifolia (Christm.) swingle and lemon, Citrus limon L. through stem cuttings-a review. https://doi.org/10.31018/jans.v16i4.6056

Perez, A. and Pollack, S. (2003). Fruit and Tree Nuts Outlook, USDA Electronic Report from the Economic Research Service FTS-302.

Poles, L., Licciardello, C., Distefano, G., Nicolosi, E., Gentile, A. and La Malfa, S. (2020). Recent Advances of In Vitro Culture for the Application of New Breeding Techniques in Citrus. Plants (Basel, Switzerland), 9(8), 938. https://doi.org/10.3390/plants9080938

Steel R. G. D. and Torrie J. H. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Company.

Waseem, K., Jilani, M. S., Jilani, M. S., Khan, M. S. and Kiran, M. (2019). Effect of various concentrations of IBA on the rooting and growth of lemon (*Citrus limon*) cuttings. *International Journal of Agriculture and Biology*, *21*(4), 845-850.

© 2026 ISARC Academy

KALANŞO'NUN İN VİTRO ÇOĞALTIMINA KİNETİNİN ETKİSİ

Dr. Muhammet Anıl AYDIN[1]
Orcid No: 0000-0001-6729-6465

Prof. Dr. Gülsüm ÖZTÜRK[1]
Orcid No: 0000-0002-8701-790X

[1]Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 35040, Bornova, Izmir, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, Kalanşo'nun *in vitro* çoğaltımında farklı konsantrasyonlarda Kinetin etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Eksplant kaynağı olarak etli yaprak parçaları kullanılmış ve MS + 0.1 mg L^{-1} GA_3 ve 0.1 mg L^{-1} IAA besin ortamı 0.1, 0.2, 0.5 ve 1.0 mg L^{-1} Kinetin içerecek şekilde hazırlanmıştır. Kültür süresi sonunda sürgün sayısı, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı belirlenmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıklar incelenen tüm özellikler bakımından $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek sürgün sayısı (2.0 adet), sürgün uzunluğu (1.2 cm) ve yaprak sayısı (4.0 adet) 1.0 mg L^{-1} Kinetin içeren ortamdan elde edilmiştir. Buna karşılık, 0.5 mg L^{-1} Kinetin uygulamasında rejenerasyon gözlenmemiştir. Kalanşo'nun *in vitro* çoğaltımında 1.0 mg L^{-1} Kinetin uygulamasının incelenen özellikler bakımından uygun doz olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Kalanşo, sürgün, kinetin, mikroçoğaltım, rejenerasyon

EFFECT OF KINETIN ON IN VITRO PROPAGATION OF KALANCHOE

ABSTRACT

This study aimed to determine the effects of different Kinetin concentrations on the *in vitro* propagation of Kalanchoe. Leaf segments were used as explant material, and the MS basal medium was supplemented with 0.1 mg L^{-1} GA_3 and 0.1 mg L^{-1} IAA. The culture media were further prepared with 0.1, 0.2, 0.5, and 1.0 mg L^{-1} Kinetin. At the end of the culture period, shoot number, shoot length, and leaf number were recorded. Differences among treatments were statistically significant at $p \leq 0.01$ for all examined traits. The highest shoot number (2.0), shoot length (1.2 cm), and leaf number (4.0) were obtained from the medium containing 1.0 mg L^{-1} Kinetin. In contrast, no regeneration was observed in the medium containing 0.5 mg L^{-1} Kinetin. The results showed that Kinetin concentration had a significant effect on the *in vitro* development of Kalanchoe and that 1.0 mg L^{-1} Kinetin was the most effective concentration for the evaluated traits.

Keywords: Kalanchoe, shoot, kinetin, micropropagation, regeneration

GİRİŞ

Kalanşo, *Crassulaceae* familyasına ait, yaygın kullanılan bir çiçekli bitki cinsidir. Çoğunlukla Madagaskar ile Doğu ve Güney Afrika'ya özgü sukulent bitkilerden oluşan yaklaşık 140 türü kapsamaktadır (Descoings, 2004). *Kalanchoe blossfeldiana*, cinsin en fazla kullanılan türüdür ve ticari çeşitlerin çoğunluğunun ortaya çıkmasına kaynak olmuştur. Kalanşo çeşitleri, bol çiçeklenmeleri, tek tek çiçeklerin uzun ömürlü olması, hasat sonrası performansları ve düşük bakım gereksinimleri nedeniyle saksı bitkisi olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır *Kalanchoe*, 2017 yılında 69 milyon

© 2026 ISARC Academy

avroluk ciro ile Avrupa'da ekonomik açıdan en önemli ikinci saksı bitkisidir. Cins ayrıca kesme çiçek olarak da giderek daha fazla kullanılmaktadır (Cui et al., 2019).

Süs bitkilerinin ekonomik değeri dünya genelinde önemli ölçüde artmış olup her yıl %8–10 oranında artış göstermektedir (Kordi et al., 2013). Süs bitkilerinin *in vitro* çoğaltım teknikleri ile doku kültürü laboratuvar ekipmanları, çiçekçilik ıslahı ve endüstrisinin taleplerini karşılamak amacıyla sürekli olarak geliştirilmektedir (Rout et al., 2006). Doku kültürü yoluyla mikroçoğaltım, ana bitkilerden alınan küçük bitki parçalarından (eksplantlardan) nispeten kısa sürede çok sayıda hastalıksız bitkinin rejenerasyonuna olanak sağlamakta ve daha da önemlisi bu üretim mevsimsel kısıtlamalardan bağımsız olarak gerçekleştirilebilmektedir (Preil et al., 1987). Süs bitkileri alanında doku kültürü, üstün genotiplerin kitlesel çoğaltılmasına ve bitki ıslahına olanak sağlamış, böylece sağlıklı ve uniform dikim materyalinin ticari olarak üretilebilmesini mümkün kılmıştır (Winkelmann et al., 2006). Bu nedenle ticari üretimde *in vitro* çoğaltım tekniklerinden olan mikroçoğaltım bir avantaj olarak öne çıkmaktır (Aydın ve Öztürk, 2025).

Mikroçoğaltım tekniğinin başarısı; genotip, eksplant tipi, besin ortamının bileşimi, kültür koşulları ve kullanılan bitki büyüme düzenleyicileri gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu faktörler içerisinde bitki büyüme düzenleyicilerinin türü ve konsantrasyonu, *in vitro* koşullarda sürgün ve kök oluşumunun düzenlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Özellikle oksinler ve sitokininler, organ oluşumunun temel düzenleyicileri arasında yer almakta ve bu hormonların dengesi bitkinin gelişim yönünü etkilemektedir. Sitokininlerden biri olan Kinetin ise hücre bölünmesi ve sürgün oluşumunun teşvik edilmesi amacıyla doku kültürü çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Mehbub et al., 2022).

Bu çalışmada, MS temel besin ortamına 0.1 mg L^{-1} GA_3 ve 0.1 mg L^{-1} IAA ilave edilmiş; Kinetinin *in vitro* gelişim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla ortama 0.1, 0.2, 0.5 ve 1.0 mg L^{-1} Kinetin içeren ortamlarda kültüre alınmıştır. Çalışmada farklı Kinetin konsantrasyonlarının sürgün sayısı, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Doku Kültürü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Genetik materyal olarak *Kalanşo'*nun etli yaprakları kullanılmıştır. Yapraklar yüzey sterilizasyonu öncesinde musluk suyu altında temizlenmiştir. Kaba temizliği yapılan eksplantlar sırasıyla % 70'lik etil alkol, % 2.5'lik NaClO içerisinde 5 dakika tutulmuş ve steril distile su ile üç kez yıkanmıştır. Sterilizasyon işlemi tamamlanan yapraklar yaklaşık 1 cm'lik parçalara ayrılarak besin ortamlarına yerleştirilmiştir. Besin ortamı olarak MS (Murashige ve Skoog, 1962) temel besin ortamı kullanılmış ve ortama 0.1 mg L^{-1} GA_3 ile 0.1 mg L^{-1} IAA ilave edilmiştir. Kinetinin *in vitro* gelişim üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla besin ortamları 0.1, 0.2, 0.5 ve 1.0 mg L^{-1} Kinetin içerecek şekilde ayrı ayrı hazırlanmıştır. Kültürler 25±1°C'de sıcaklıkta, %75-80 nemde, 40-50 µmol/m2/s ışık yoğunluğunda ve 16 saat aydınlık/8 saat karanlık fotoperiyotta gelişmeye bırakılmıştır. Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre yürütülmüş ve kültür süresi sonunda sürgün sayısı, sürgün uzunluğu (cm) ve yaprak sayısı belirlenmiştir. Elde edilen veriler Totemstat (Açıkgöz ve ark., 2004) programı kullanılarak analiz edilmiş ve özelliklere ait ortalamalar Steel ve Torrie (1980)'ye göre karşılaştırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kalanşo'nun *in vitro* çoğaltımında sürgün sayısı, sürgün uzunluğu (cm) ve yaprak sayısına ait ortalamalar ile LSD ve F değerleri Çizelge 1'de, bu özelliklerin dağılımı ise Şekil 1'de gösterilmiştir.

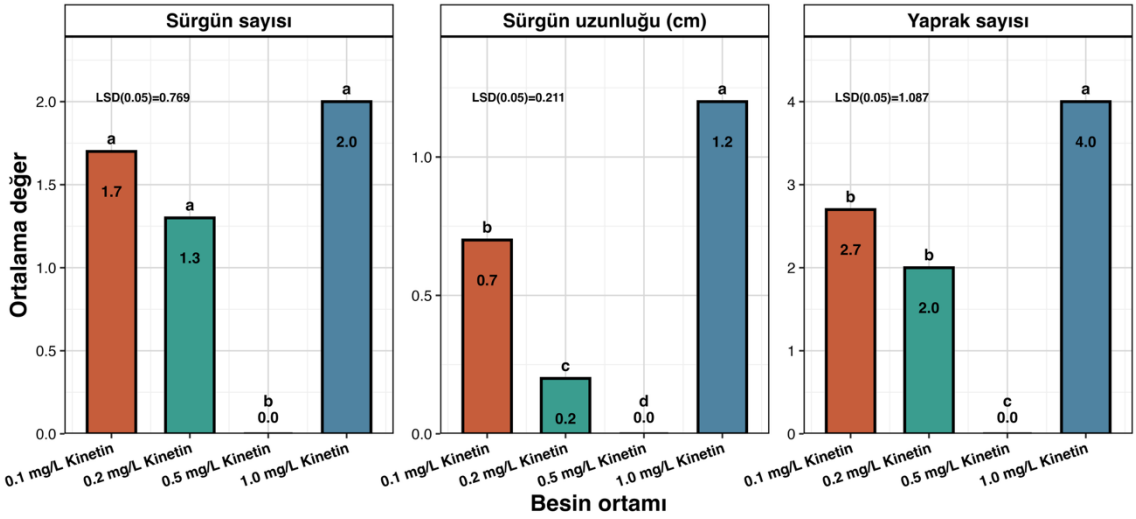
© 2026 ISARC Academy

Çizelge 1. Kalanşo'nun farklı Kinetin içeren besin ortamlarında sürgün sayısı, sürgün uzunluğu (cm) ve yaprak sayısı özelliklerine ait ortalamalar, LSD ve F değerleri

Ortam no	Ortam	Sürgün sayısı	Sürgün uzunluğu (cm)	Yaprak sayısı
1	0.1 mg L^{-1} Kinetin	1.7^{a}	0.7^{b}	2.7^{b}
2	0.2 mg L^{-1} Kinetin	1.3^{a}	0.2^{c}	2.0^{b}
3	0.5 mg L^{-1} Kinetin	0.0^{b}	$0,0^{d}$	0.0^{c}
4	1.0 mg L^{-1} Kinetin	2.0^{a}	1.2^{a}	4.0^{a}
$LSD_{(0.05)}$		0.769	0.211	1.087
F		13.833^{**}	63.378**	25.000**

**: p≤0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 1'de verilen F değerleri incelendiğinde, Kalanşo'nun farklı Kinetin içeren besin ortamlarında *in vitro* çoğaltımında sürgün sayısı, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı bakımından uygulamalar arasındaki farklılıkların p≤0.01 düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir. Sürgün sayısı bakımından en yüksek ortalama 2.0 adet ile 1.0 mg L^{-1} Kinetin içeren ortamdan elde edilmiş, bunu 0.1 mg L^{-1} Kinetin (1.7 adet) ve 0.2 mg L^{-1} Kinetin (1.3 adet) uygulamaları izlemiştir. Buna karşılık, 0.5 mg L^{-1} Kinetin içeren ortamda sürgün oluşumu gözlenmemiştir. Sürgün uzunluğu bakımından ise 1.2 cm ile 1.0 mg L^{-1} Kinetin içeren ortam en yüksek bulunmuştur. Bu uygulamayı 0.1 mg L^{-1} Kinetin içeren ortam 0.7 cm ile izlemiş, 0.2 mg L^{-1} Kinetin uygulamasında sürgün uzunluğu 0.2 cm olarak gerçekleşmiştir. 0.5 mg L^{-1} Kinetin içeren ortamda ise sürgün gelişimi meydana gelmemiştir. Yaprak sayısı bakımından da benzer bir eğilim görülmüş; 1.0 mg L^{-1} Kinetin uygulaması 4.0 adet ile en yüksek değeri vermiş, bunu 0.1 mg L^{-1} Kinetin (2.7 adet) ve 0.2 mg L^{-1} Kinetin (2.0 adet) uygulamaları takip etmiştir. Hakkak et al. (2020), *Kalanchoe blossfeldiana*'da BA ve Kinetini tek başına veya NAA ile kombinasyon halinde kullanmış ve Kinetin içeren ortamlarda yaprak eksplantlarından adventif kök rejenerasyonu elde edildiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, Bejaoui et al. (2024) *Kalanchoe blossfeldiana*'da farklı sitokinin ve oksin kaynaklarının sürgün rejenerasyonu üzerinde farklı etkiler oluşturduğunu bildirmiştir. Bu sonuçlar, çalışmamızda Kinetin dozlarına bağlı olarak gözlenen farklı sürgün ve yaprak gelişiminin, büyüme düzenleyicilerinin önemini ortaya koymaktadır.



Şekil 1. Kalanşo'nun farklı Kinetin içeren besin ortamlarında sürgün sayısı, sürgün uzunluğu (cm) ve yaprak sayısı ortalamalarının dağılımı.

© 2026 ISARC Academy

SONUÇ

Elde edilen bulgular, Kalanşo'nun *in vitro* gelişiminin Kinetin konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Çalışmada 1.0 mg L^{-1} Kinetin içeren besin ortamı sürgün sayısı, sürgün uzunluğu ve yaprak sayısı bakımından en yüksek değerleri verirken, 0.5 mg L^{-1} Kinetin uygulamasında rejenerasyon sağlanamamıştır. Bu sonuçlar, Kalanşo'nun *in vitro* çoğaltımında uygun Kinetin dozunun belirlenmesinin rejenerasyon başarısı açısından önemli olduğunu göstermektedir. Bu çalışma ile farklı Kinetin dozları ve farklı büyüme düzenleyicilerinin denenmesine yönelik daha kapsamlı başka çalışmaların yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Acikgoz, N., Ilker, E., and Gokcol, A., 2004. Assessment of biological research on the computer. Ege University, TOTEM, Izmir.

Aydın, M. A. ve Öztürk, G. (2025). Kalanchoe blossfeldiana'nin Adventif Sürgün Rejenerasyonu. *Euroasia Matematik, Mühendislik, Doğa ve Tıp Bilimleri Dergisi Medical Sciences*, *12*(3), 512–519. https://doi.org/10.5281/zenodo.17768692

Bejaouı, R., Ellialtıoğlu, Ş. Ş. and Yanmaz, R. (2024). The effect of different cytokinin and auxin source on micropropagation of Kalanchoe blossfeldiana. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 11(4), 1182-1192. https://doi.org/10.30910/turkjans.1531762

Cui, J., Kuligowska Mackenzie, K., Eeckhaut, T., Müller, R. and Lütken, H. (2019). Protoplast isolation and culture from Kalanchoë species: optimization of plant growth regulator concentration for efficient callus production. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *138*(2), 287-297. https://doi.org/10.1007/s11240-019-01624-4

Descoings, B. (2004). Kalanchoe tenuiflora, Crassulacée nouvelle de Madagascar. *Acta botanica gallica*, *151*(2), 233-237. https://doi.org/10.1080/12538078.2004.10516038

Hakkak, M. M., Moshtaghi, N. and Bagheri, A. (2020). Optimized Regeneration of Kolanchoe (*Kalanchoe blossfeldiana* R.) and *Agrobacterium tumefaciense*-Mediated Gus Gene Transformation. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, *21*(39-40), 1-16. https://ikprress.org/index.php/PCBMB/article/view/5427

Kordi, M., Kaviani, B. and Hashemabadi, D. (2013). In vitro propagation of Kalanchoe blossfeldiana using BA and NAA. *European Journal of Experimental Biology*, *3*(1), 285-288.

Mehbub, H., Akter, A., Akter, M. A., Mandal, M. S. H., Hoque, M. A., Tuleja, M., & Mehraj, H. (2022). Tissue Culture in Ornamentals: Cultivation Factors, Propagation Techniques, and Its Application. *Plants (Basel, Switzerland)*, *11*(23), 3208. https://doi.org/10.3390/plants11233208

Murashige T., Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco cultures. Physiologia Plantarum, 15: 473–479.

Preil, W., Florek, P., Wix, U. and Beck, A. (1987). Toward mass propagation by use of bioreactors. In *International Symposium on Propagation of Ornamental Plants 226* (pp. 99-106). DOI: 10.17660/ActaHortic.1988.226.9

Rout, G. R., Mohapatra, A. and Jain, S. M. (2006). Tissue culture of ornamental pot plant: A critical review on present scenario and future prospects. *Biotechnology advances*, *24*(6), 531-560. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2006.05.001

Steel R. G. D., Torrie J. H. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Company.

© 2026 ISARC Academy

XOCALI FACİƏSİ: TARİXİ YADDAŞ, İNSAN HÜQUQLARI VƏ BEYNƏLXALQ HÜQUQ KONTEKSTİNDƏ

Esmira Rahimova Zakir qızı

ESMİNUR Tədris Mərkəzi və Mini Bağçanın direktoru

Xülasə

Bu çalışma, 25–26 Şubat 1992 gecesi Azerbaycan'ın Dağlık Karabağ bölgesinde bulunan Hocalı'da yaşanan trajediyi tarihsel, insani ve uluslararası hukuk boyutlarıyla incelemektedir. Hocalı olayları, Azerbaycan-Ermenistan çatışmasının en ağır sivil kayıplara yol açan hadiselerinden biri olarak Güney Kafkasya'nın yakın tarihindeki önemli bir dönüm noktasıdır. Çalışmanın temel amacı, Hocalı'da yaşananların tarihsel arka planını açıklamak, sivil nüfusa yönelik şiddetin sonuçlarını değerlendirmek ve olayın uluslararası insan hakları belgelerinde nasıl ele alındığını ortaya koymaktır. Araştırmada tarihsel inceleme, belge analizi ve karşılaştırmalı değerlendirme yöntemlerinden yararlanılmıştır. Human Rights Watch/Helsinki ve Memorial İnsan Hakları Merkezi tarafından yayımlanan raporlar, olayların incelenmesinde temel kaynaklar olarak kullanılmıştır. Söz konusu belgeler, Hocalı'nın ele geçirilmesi sırasında sivillerin öldürüldüğünü, yaralandığını, esir alındığını ve zorunlu göçe maruz kaldığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, kurban sayıları ve olayın hukuki nitelendirilmesi konusunda kaynaklar arasındaki farklılıkların bilimsel yöntemlerle değerlendirilmesi gerekmektedir. Çalışma, Hocalı trajedisinin yalnızca Azerbaycan'ın tarihsel hafızası açısından değil, sivillerin korunması, savaş hukukuna uyulması ve ağır insan hakları ihlallerinin önlenmesi bakımından da incelenmesi gerektiğini savunmaktadır. Sonuç olarak, tarihsel belgelerin korunması, mağdur tanıklıklarının araştırılması ve uluslararası hukuk ilkelerinin uygulanması, benzer trajedilerin önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hocalı, Azerbaycan, Karabağ çatışması, sivil nüfus, insan hakları, uluslararası hukuk, tarihsel hafıza.

THE KHOJALY TRAGEDY: IN THE CONTEXT OF HISTORICAL MEMORY, HUMAN RIGHTS, AND INTERNATIONAL LAW

Abstract

This study examines the tragedy that occurred in Khojaly, in Azerbaijan's Nagorno-Karabakh region, during the night of 25–26 February 1992, from historical, humanitarian, and international legal perspectives. The Khojaly events represent one of the most devastating episodes involving civilian casualties during the Armenian-Azerbaijani conflict and constitute a significant turning point in the recent history of the South Caucasus. The study aims to explain the historical background of the events, assess the consequences of violence against civilians, and analyze how the incident has been documented in international human rights reports. Historical analysis, documentary research, and comparative assessment are employed as the principal methods. Reports published by Human Rights Watch/Helsinki and the Memorial Human Rights Center serve as important primary documentary sources for examining the events. These reports document the killing, injury, detention, and displacement of civilians during and after the capture of Khojaly. At the same time, differences among sources concerning casualty figures and the legal characterization of the events require careful scholarly evaluation. The study argues that Khojaly should be examined not only as a central element of Azerbaijan's historical memory but also in relation to civilian protection, compliance with the laws of armed conflict, and the prevention of serious human rights violations. It concludes that preserving

© 2026 ISARC Academy

historical evidence, investigating survivor testimonies, and applying international legal standards are essential to historical accountability and preventing similar tragedies.

Keywords: Khojaly, Azerbaijan, Nagorno-Karabakh conflict, civilian population, human rights, international law, historical memory.

Giriş. XX əsrin sonlarında Sovet İttifaqının dağılması ilə Cənubi Qafqazda siyasi və geosiyasi münasibətlər köklü dəyişikliklərə məruz qaldı.

Ötən əsrin 90-cı illərinin əvvəllərində müstəqilliyini bərpa etmiş ölkəmiz üçün hüquqi dövlət quruculuğu istiqamətində islahatların həyata keçirilməsi müstəqilliyin və dövlətçiliyin gələcək təminatının əsas amillərindən biri idi. Müstəqilliyimizin bərpası ilə paralel olaraq, Ermənistanın təcavüzünə və işğalına məruz qalmağımız, eləcə də ölkə daxilində baş verən xaotik proseslər dövlətçiliyə aid bütün prioritet məsələlərin, o cümlədən hüquqi dövlət quruculuğu prosesinin arxa plana keçməsinə səbəb oldu (Mammadova S., Kamilli Sh., 2024).

Ermənistan-Azərbaycan münaqişəsi bu prosesin ən ağır nəticələr doğuran hadisələrindən biri oldu. Ərazi mübahisələri, etnik qarşıdurma, əhalinin məcburi köçü və mülki şəxslərə qarşı zorakılıq regionun sosial-siyasi həyatına ciddi təsir göstərdi. Bu münaqişənin ən faciəli hadisələrindən biri 1992-ci il fevralın 25-dən 26-na keçən gecə Xocalıda baş verdi.

Dürdanə, Səadət, Valeh kimi yüzlərlə insanlar, Xocalı sakinləri erməni vəhşiliklərinin qurbanı oldu. Esmira Rəhimovanın Xocalı kitabında 13 yaşlı qəhrəmana həsr edilmiş bölmədə insanlığa zidd olan əməllərin icra olunduğunu görürük (Huseynova E., 2026).

Kitab müsahibələr əsasında yazılmışdır. Eyni zamanda Qarabağ müharibəsi qəhrəmanları haqqında da orada məlumat var. Polkovnik Zakir Hüseynov, Qərib Həsənov kimi qəhrəmanlarımız haqqında-onların keçdiyi əzab dolu yollar, fədakarlıqlar haqqında faktiki materiallar haqqında məlumat əldə edirik. Zakir Hüseynov müharibədən sonra veteran statusunu alır, səhhətində problemlər yaşayır, Qərib Həsənov isə itkin düşmüş həkim hərbiçi idi (Hüseynova E., 2026).

Xocalı Qarabağ bölgəsində mühüm strateji mövqeyə malik yaşayış məntəqəsi idi. Şəhərin blokadaya alınması, hərbi əməliyyatlar və əhalinin təhlükəsizliyinin təmin edilməməsi faciənin baş verdiyi şəraiti formalaşdıran əsas amillər sırasında göstərilir. Şəhərin ələ keçirilməsi zamanı və əhalinin ərazidən çıxmağa çalışdığı vaxt çoxsaylı mülki şəxslər öldürüldü, yaralandı və əsir götürüldü. Hadisələr nəticəsində sağ qalan insanların bir qismi doğma yaşayış yerlərini tərk etməyə məcbur oldu (Human Rights Watch, 1993; Memorial Human Rights Center, 1992).

Xocalı faciəsinin araşdırılması yalnız milli tarix baxımından deyil, müharibə şəraitində mülki əhalinin müdafiəsi, beynəlxalq humanitar hüququn tətbiqi və insan hüquqlarının qorunması baxımından da mühüm əhəmiyyət daşıyır. Hadisənin müxtəlif mənbələrdə necə təqdim edildiyinin müqayisəli təhlili tarixi faktların daha obyektiv öyrənilməsinə şərait yaradır.

Bu məqalənin məqsədi Xocalı faciəsinin tarixi-siyasi şəraitini araşdırmaq, insan tələfatının və mülki əhaliyə qarşı zorakılığın nəticələrini təhlil etmək, beynəlxalq hesabatların hadisəyə münasibətini qiymətləndirmək və tarixi yaddaşın qorunmasının əhəmiyyətini göstərməkdir.

2. **Mövzunun aktuallığı.** Xocalı faciəsinin tədqiqinin aktuallığı bir neçə mühüm amillə müəyyən edilir.

Birincisi, hadisə müasir Azərbaycan tarixinin ən ağır humanitar faciələrindən biridir. Onun öyrənilməsi münaqişənin mülki əhali üzərində yaratdığı nəticələrin, insanların həyatına və sosial mühitinə vurduğu zərərin müəyyənləşdirilməsi baxımından vacibdir.

İkincisi, Xocalı hadisələri müharibə hüququnun əsas prinsiplərinin, xüsusilə mülki şəxslərlə döyüş iştirakçıları arasında fərq qoyulmasının və mülki əhalinin müdafiəsinin əhəmiyyətini göstərir.

© 2026 ISARC Academy

Beynəlxalq humanitar hüquq silahlı münaqişələr zamanı mülki əhalinin qorunmasını tələb edir. Hərbi zərurət mülki şəxslərə qarşı qeyri-mütənasib və ya ayrı-seçkisiz hücumları əsaslandırmır.

Üçüncüsü, hadisənin beynəlxalq səviyyədə tədqiqi tarixi yaddaş, hüquqi məsuliyyət və münaqişədən sonrakı münasibətlərin formalaşması məsələləri ilə bağlıdır. Xocalı faciəsinin müxtəlif mənbələr əsasında araşdırılması tarixi məlumatların müqayisəsinə, ziddiyyətli iddiaların müəyyənləşdirilməsinə və sənədləşdirilmiş faktların ictimaiyyətə çatdırılmasına imkan verir.

Nəhayət, mövzunun Türkiyədə keçirilən elmi konfrans çərçivəsində təqdim olunması Azərbaycan və Türkiyə elmi mühitində ortaq tarixi məsələlərin müzakirəsinə, Cənubi Qafqazın yaxın tarixinin araşdırılmasına və insan hüquqları mövzusunda akademik əməkdaşlığın inkişafına töhfə verə bilər.

Əsas hissə. Xocalı faciəsinin tarixi-siyasi şəraiti

Xocalı faciəsini anlamaq üçün 1980-ci illərin sonlarından etibarən Ermənistan-Azərbaycan münasibətlərində yaranmış gərginliyi və Dağlıq Qarabağ ətrafında baş verən siyasi-hərbi prosesləri nəzərə almaq lazımdır. Sovet İttifaqının zəifləməsi və mərkəzi hakimiyyətin əvvəlki təsir imkanlarını itirməsi regionda münaqişənin dərinləşməsinə şərait yaratdı. 1991-ci ildə SSRİ-nin süqutu ilə siyasi vəziyyət daha da mürəkkəbləşdi və silahlı toqquşmalar genişləndi.

Xocalı coğrafi mövqeyinə görə mühüm yaşayış məntəqəsi idi. Şəhərin hava limanına malik olması və Qarabağdakı digər yaşayış məntəqələri ilə əlaqələr baxımından strateji əhəmiyyəti hərbi əməliyyatlar zamanı onun mövqeyini daha da artırmışdı. 1991-ci ilin sonlarından etibarən Xocalının blokadaya alınması, ərzaq və digər zəruri ehtiyatların çatışmazlığı, elektrik təchizatının kəsilməsi əhalinin gündəlik həyatını çətinləşdirirdi. Memorial İnsan Hüquqları Mərkəzinin 1992-ci ildə dərc etdiyi hesabatda şəhərin blokadada qalması və mülki əhalinin vəziyyətinin ağırlaşması barədə məlumatlar yer alır (Memorial Human Rights Center, 1992).

1992-ci il fevralın 25-dən 26-na keçən gecə erməni silahlı qüvvələri Xocalıya hücum edərək şəhəri ələ keçirdilər. Şəhəri tərk etməyə çalışan əhali atəşə məruz qaldı. Human Rights Watch/Helsinki təşkilatının hesabatında qaçan mülki şəxslərin öldürülməsi və yaralanması, habelə hücum zamanı mülki əhalinin müdafiəsinə dair öhdəliklərin pozulması məsələləri sənədləşdirilib (Human Rights Watch, 1993).

Beləliklə, Xocalı faciəsi təkcə hərbi əməliyyatın nəticəsi kimi deyil, mülki əhalinin təhlükəsizliyinin təmin olunmaması və silahlı münaqişə şəraitində humanitar normaların pozulması kontekstində araşdırılmalıdır.

İnsan tələfatı və mülki əhaliyə qarşı zorakılıq. Xocalı faciəsinin ən ağır nəticəsi dinc əhali arasında çoxsaylı insan tələfatının baş verməsi idi. Azərbaycan Respublikasında rəsmi şəkildə qəbul edilmiş məlumatlara əsasən, faciə zamanı 613 nəfər öldürülmüş, yüzlərlə insan yaralanmış, çoxsaylı sakin əsir və girov götürülmüş, bir sıra şəxslərin taleyi uzun müddət naməlum qalmışdır. Bu rəqəmlər Azərbaycan dövlətinin Xocalı faciəsinə dair rəsmi məlumatlarında əks olunur.

Bununla yanaşı, elmi araşdırmada insan tələfatının sayı göstərilərkən mənbələrin mənşəyini və onların məlumat toplama metodlarını nəzərə almaq vacibdir. Human Rights Watch-un 1993-cü il hesabatında Xocalı hadisələri zamanı ən azı 161 mülki şəxsin öldürüldüyünün məlum olduğu qeyd edilir. Təşkilatın 1997-ci ildə yaydığı açıqlama isə əvvəlki araşdırmasının nəticələrini müdafiə edərək mülki şəxslərin ölümünə görə birbaşa məsuliyyəti Qarabağ erməni qüvvələrinin üzərinə qoyur (Human Rights Watch, 1993, 1997). Bu rəqəmin daha aşağı olması hadisənin ümumi qurban sayının həmin rəqəmlə məhdudlaşması demək deyil; hesabatların əhatə dairəsi və sənədləşdirilmiş məlumatlar fərqlənə bilər.

Memorial İnsan Hüquqları Mərkəzinin hesabatında hadisə yerindən Ağdama gətirilmiş cəsədlər, tibbi müayinələrin nəticələri, güllə yaraları, digər xəsarətlər və itkin düşmüş şəxslər barədə məlumatlar verilir. Hesabatda qadınların, uşaqların və yaşlı insanların da qurbanlar arasında olduğu göstərilir (Memorial Human Rights Center, 1992).

© 2026 ISARC Academy

Bu faktlar Xocalı faciəsinin humanitar ölçüsünü ortaya qoyur. Mülki əhalinin silahlı münaqişənin birbaşa hədəfinə çevrilməsi, insanların təhlükəsiz əraziyə keçmək imkanının məhdudlaşması və yaralıların müdafiəyə ehtiyac duyması beynəlxalq humanitar hüququn əsas məsələlərindəndir.

Xocalıda baş verənlər nəticəsində ailələr parçalandı, uşaqlar valideynlərini itirdi, çoxsaylı insanlar fiziki və psixoloji travmalara məruz qaldılar. Şəhərin sakinlərinin bir hissəsi öz evlərinə qayıtmaq imkanından məhrum oldu. Buna görə də faciənin nəticələrini yalnız insan tələfatı ilə ölçmək mümkün deyil. Hadisə həm də kollektiv yaddaşa, ailə münasibətlərinə və cəmiyyətin sosial həyatına uzunmüddətli təsir göstərdi.

Xocalı faciəsi və beynəlxalq humanitar hüquq. Xocalı hadisələrinin hüquqi təhlili beynəlxalq humanitar hüququn və beynəlxalq cinayət hüququnun prinsipləri əsasında aparılmalıdır. Burada xüsusilə mülki əhalinin müdafiəsi, hücum zamanı ehtiyat tədbirlərinin görülməsi, əsirlərlə rəftar və münaqişə tərəflərinin məsuliyyəti məsələləri əhəmiyyətlidir.

1949-cu il Cenevrə Konvensiyaları və onların əlavə protokollarında müharibə zamanı mülki əhalinin qorunmasına dair mühüm normalar müəyyən edilmişdir. Bu normalar mülki şəxslərlə döyüş iştirakçıları arasında fərq qoyulmasını, mülki əhaliyə qarşı hücumların qadağan edilməsini və hərbi əməliyyatlar zamanı mümkün zərərin azaldılması üçün tədbirlər görülməsini nəzərdə tutur.

Human Rights Watch/Helsinki-nin hesabatında Xocalıdan qaçan mülki şəxslərə qarşı atəş açılması və hücum edən qüvvələrin mülki itkilərin qarşısını almaq öhdəliyi xüsusi vurğulanır. Təşkilatın qiymətləndirməsinə görə, mülki şəxslərin döyüş iştirakçıları ilə birlikdə hərəkət etməsi hücum edən tərəfi mülki əhalinin müdafiəsi ilə bağlı öhdəliklərdən azad etmir (Human Rights Watch, 1997).

Xocalı faciəsinin Azərbaycan ictimai və siyasi diskursunda “soyqırımı” kimi təqdim edilməsi də hüquqi baxımdan ayrıca araşdırma tələb edir. 1948-ci il Soyqırımı cinayətinin qarşısının alınması və cəzalandırılması haqqında Konvensiyaya əsasən, soyqırımı müəyyən milli, etnik, irqi və ya dini qrupu tamamilə və ya qismən məhv etmək xüsusi niyyəti ilə həyata keçirilən Konvensiyada sadalanmış əməlləri əhatə edir. Buna görə də kütləvi qətllərin baş verməsi soyqırımı təsnifatı üçün mühüm fakt olsa da, hüquqi qiymətləndirmə zamanı xüsusi niyyət və digər hüquqi elementlər də araşdırılmalıdır.

Bu fərq Xocalı faciəsinin əhəmiyyətini azaltmır. Əksinə, hadisənin hüquqi əsaslarla araşdırılması qurbanların xatirəsinin qorunması, cinayətlərin sənədləşdirilməsi və məsuliyyət məsələlərinin beynəlxalq hüquq çərçivəsində qiymətləndirilməsi üçün zəruridir

Beynəlxalq ictimaiyyətin münasibəti və tarixi yaddaş. Xocalı faciəsi Azərbaycan cəmiyyətinin kollektiv yaddaşında mühüm yer tutur. Hər il fevralın 26-da faciə qurbanları anılır, onların xatirəsinə həsr edilmiş elmi tədbirlər, sərgilər, konfranslar və maarifləndirici proqramlar təşkil olunur. Bu tədbirlər tarixi hadisələrin yeni nəsillərə çatdırılması və mülki əhaliyə qarşı zorakılığın nəticələrinin dərk edilməsi baxımından əhəmiyyətlidir.

Hadisənin beynəlxalq səviyyədə tanıdılması istiqamətində də müxtəlif təşəbbüslər həyata keçirilmişdir. Azərbaycan tərəfi Xocalı faciəsinin soyqırımı kimi tanınması üçün beynəlxalq təşkilatlara və dövlətlərə müraciətlər etmişdir. Bununla yanaşı, akademik tədqiqatlarda müxtəlif ölkələrin mövqelərini, beynəlxalq təşkilatların sənədlərini və müstəqil araşdırmaların nəticələrini bir-birindən fərqləndirmək lazımdır.

Xocalı hadisələrinə dair beynəlxalq mənbələrin mövcudluğu tarixi araşdırmalar üçün mühüm imkan yaradır. Human Rights Watch/Helsinki və Memorial İnsan Hüquqları Mərkəzinin hesabatları hadisələrdən qısa müddət sonra toplanmış məlumatlara, şahid ifadələrinə və tibbi sənədlərə əsaslanır. Bu materiallar tarixi faktların müqayisəli təhlili üçün xüsusi əhəmiyyət daşıyır.

Tarixi yaddaşın qorunması yalnız faciənin xatırlanması ilə məhdudlaşmamalıdır. Buraya arxiv sənədlərinin mühafizəsi, şahid ifadələrinin sistemləşdirilməsi, hadisələrin akademik nəşrlərdə

© 2026 ISARC Academy

işıqlandırılması və beynəlxalq hüquq normalarının tədrisi də daxildir. Bu istiqamətdə aparılan işlər tarixi hadisələrin siyasi şüarlardan kənar, sənədlərə əsaslanan şəkildə öyrənilməsinə yardım edir.

Türkiyə ilə Azərbaycan arasında mövcud olan elmi və mədəni əlaqələr Xocalı faciəsinin beynəlxalq akademik mühitdə müzakirəsi üçün də əlverişli zəmin yaradır. Türkiyədə keçirilən elmi konfranslarda mövzunun təqdim edilməsi Cənubi Qafqazın müasir tarixinin öyrənilməsinə, insan hüquqları problemlərinin araşdırılmasına və tarixi yaddaşın qorunmasına töhfə verə bilər.

Nəticə. Xocalı faciəsi Ermənistan-Azərbaycan münaqişəsinin ən ağır humanitar nəticələrindən biri kimi müasir Cənubi Qafqaz tarixində xüsusi yer tutur. 1992-ci il fevralın 25-dən 26-na keçən gecə baş verən hadisələr mülki əhalinin həyatına, ailələrin taleyinə və regionun sosial-siyasi mühitinə ciddi zərbə vurmuşdur.

Məqalədə nəzərdən keçirilən Human Rights Watch/Helsinki və Memorial İnsan Hüquqları Mərkəzinin hesabatları Xocalının ələ keçirilməsi zamanı mülki şəxslərin öldürülməsi, yaralanması, əsir götürülməsi və məcburi köçü ilə bağlı mühüm məlumatlar təqdim edir. Bu sənədlər faciənin yalnız milli yaddaş məsələsi olmadığını, eyni zamanda mülki əhalinin müdafiəsi və müharibə hüququnun tələbləri baxımından da araşdırılmalı olduğunu göstərir.

Tədqiqatın nəticələri bir neçə qənaətə gəlməyə imkan verir. Birincisi, Xocalı faciəsinin tarixi-siyasi şəraiti və humanitar nəticələri müxtəlif mənbələr əsasında sistemli şəkildə öyrənilməlidir. İkincisi, insan tələfatına dair rəqəmlər və hüquqi təsnifatlar mənbələrin xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla qiymətləndirilməlidir. Üçüncüsü, mülki əhaliyə qarşı zorakılıq beynəlxalq humanitar hüququn əsas prinsipləri əsasında araşdırılmalı, məsuliyyət məsələləri sənədləşdirilmiş faktlarla əsaslandırılmalıdır.

Nəticə etibarilə, Xocalı faciəsinin tarixi yaddaşda yaşadılması, qurbanların xatirəsinin qorunması və hadisələrin elmi əsaslarla araşdırılması həm Azərbaycan tarixinin öyrənilməsi, həm də gələcək nəsillərdə insan hüquqlarına və sülhə hörmətin gücləndirilməsi baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır. Tarixi həqiqətlərin sənədlərə əsaslanan tədqiqi, münaqişə qurbanlarının hüquqlarının müdafiəsi və beynəlxalq hüququn prinsiplərinə əməl olunması davamlı sülhün formalaşmasının vacib şərtlərindəndir.

Ədəbiyyat

1. Dechev, T., & Popov, I. (2018). Ethnic cleansing in Khojali in 1992 – vengeful cruelty or cold-blooded act? Politics & Security, 2(1), 34–56. https://www.politics-security.net/index.php/ojsdata/article/view/39

2. European Court of Human Rights. (2010). Fatullayev v. Azerbaijan (Application No. 40984/07). HUDOC. https://hudoc.echr.coe.int/app/conversion/docx/pdf?filename=CASE+OF+FATULLAYEV+v.+AZERBAIJAN.pdf&id=001-98401&library=ECHR&logEvent=False

3. Human Rights Watch. (1993). World Report 1993: Events of 1992—Former Soviet Union. https://www.hrw.org/reports/1993/WR93/Hsw-07.htm

4. Human Rights Watch. (1997, March 23). Response to Armenian Government Letter on the town of Khojaly, Nagorno-Karabakh. https://www.hrw.org/news/1997/03/23/response-armenian-government-letter-town-khojaly-nagorno-karabakh

5. International Committee of the Red Cross. (1949). Geneva Convention relative to the Protection of Civilian Persons in Time of War (Fourth Geneva Convention). https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/gciv-1949

6. International Committee of the Red Cross. (1977). Protocol Additional to the Geneva Conventions of 12 August 1949, and relating to the Protection of Victims of International Armed Conflicts (Protocol I). https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/api-1977

© 2026 ISARC Academy

7. Memorial Human Rights Center. (1992, June 18). Report on massive violations of human rights committed in the seizure of Khojaly during the night of 25–26 February 1992. https://justiceforkhojaly.org/en/international-reports/report/report-on-massive-violations-of-human-rights-committed-in-the-seizure-of-khojaly-during-the-night-of-25-26-february-1992-3

8. United Nations. (1948). Convention on the Prevention and Punishment of the Crime of Genocide. https://www.ohchr.org/en/instruments-mechanisms/instruments/convention-prevention-and-punishment-crime-genocide

9. Mammadova, S. I., Kamilli Sh.N. (2024). Heydar Aliyev's reforms in the direction of the modern legal system of the Republic of Azerbaijan // Наука - практике: материалы V Междунар. науч.-практ. конф., Belarusia, Барановичи, 17 мая. в 2 ч. / – Ч. 1. – С. 362 Heydar Aliyev's reforms in the direction of the modern legal system of the Republic of Azerbaijan

10. Mustafayev, B. (2013). 26 Şubat 1992 Hocalı Soykırımı üzerine. Fırat Üniversitesi Orta Doğu Araştırmaları Dergisi, 9(2), 41–54. https://izlik.org/JA26MX79CB

11. Hüseynova E.Z. Atamdan mənə miras qalan Xocalı. Sumqayıt, Azeri Publication house. 2026, - 83 p.

© 2026 ISARC Academy

INVESTIGATING THE IMPACT OF LEADERSHIP COMPETENCIES ON CORPORATE SUSTAINABILITY OUTCOMES IN LARGE ORGANISATIONS: PAKISTAN CONTEXT

KhushBakht AYESHA

Master's student, Istanbul Nisantasi University,

Graduate Education Institute

Department of Business Administration (Thesis-English), Turkey

ORCID ID:0009-0004-2638-8469

Server Sevil AKYUREK

Assist. Prof. Dr., Istanbul Nisantasi University,

Faculty of Economics, Administrative and Social Sciences

Department of Aviation Management (English), Turkey

ORCID ID:0000-0001-6286-8399

ABSTRACT

This study focuses on the impact of leadership competencies on sustainability outcomes in large organizations operating in Pakistan. The research also aims to understand how leadership competencies operate across organizations based on sector-specific operations and sustainability demands. Extensive studies have examined leadership and sustainability, but little work has examined their relationship, especially in the developing-country context. This study adopts an integrated approach, combining four theories, RBV, Strategic Leadership, Triple Bottom Line, and Kotter's Change Management Model, to provide a unique perspective on how leadership competencies affect sustainability outcomes. The study adopted a qualitative methodology using semi-structured interview questions. The researchers interviewed 23 participants, executives in organizations in the banking, energy, and manufacturing sectors. The literature and these theories support the study's findings and results. The study concludes that leadership competencies such as strategic and ethical leadership play crucial roles in sustainability outcomes, including economic, environmental, and social outcomes. They are positively correlated with sustainability outcomes. These results contribute to the leadership and organizational sustainability literature and provide a foundation for future research in developing countries on how leadership competencies affect organizational sustainability. From an education perspective, in the policy recommendation section, it is mentioned that sector-specific leadership, sustainability development, and ethical practices should be part of the business school curriculum. Limitations of this study include the limited number of sectors and the inclusion of only one developing country. Future studies may include multiple developing countries and sectors with a comparative approach.

Keywords: Leadership competency, corporate sustainability, strategic leadership, competencies, ethical leadership, stakeholder engagement, triple bottom line.

1. INTRODUCTION

As the world advances technologically, businesses are evolving with it. Traditional business practices are no longer applicable in today's world. With these advancements and changes, crises occur alongside them. Economic, social, and environmental crises are the major factors impacting organizations and their businesses. To mitigate them, leadership plays a very important role. Leadership is frequently discussed, and it has spawned a proliferation of literature, especially in the management and organization

© 2026 ISARC Academy

field. (Jones, 2005). Barnard Bass, a leading scholar of leadership, has described leadership as a "universal phenomenon" (Bass, 1990).

Leadership is a complex, interpersonal, and socially constructed concept that plays an important role in addressing global sustainability concerns (Hernandez, 2008; Parkin, 2010; Schad & Smith, 2019). Sustainability has become a business imperative (Sajjad et al., 2015), and corporate leadership is now expected to take a proactive role in addressing societal grand challenges that continue to affect people, organizations, communities, and nations (George et al., 2016; Van der Byl et al., 2020; Wright & Nyberg, 2017). Grand Challenges such as poverty, hunger, inequality, economic instability, and climate change are global challenges that persist despite technological and social progress (George et al., 2016). Reflecting on the significance and relevance of business leadership in addressing social big issues, it may be claimed that "sustainability has become an inextricable aspect of leadership" (Burns et al., 2015)

Leaders with a sustainable mentality see themselves as stewards of both their organization and the larger systems in which they operate. This holistic attitude looks beyond profit maximization and considers the long-term consequences of decisions for all stakeholders, including employees, customers, communities, and future generations. (Hahn et al.,2018 and Schad et al.,2016) suggest incorporating sustainability into company strategy and addressing contradictions between economic, social, and environmental goals, but Corporate leaders face tough and frustrating undertakings in volatile, uncertain, complex, and ambiguous (VUCA) business environments (Bennett & Lemoine, 2014; Levey & Levey, 2019; Sharma, 2019; Smith, 2014).

In countries like Pakistan, where environmental, social, and economic crises are widespread, implementing sustainable practices in organizations remains a major challenge. Sectors like banking, energy, and manufacturing contribute significantly to the country’s growth and development. It is important to make organizations in these sectors more sustainable. To maintain a sustainable competitive edge, businesses must strive harder to improve quality (Khurshid et al., 2018).

Similarly, in the energy sector, leadership plays a key role in achieving sustainable outcomes. Without efficient and effective leadership, organizations cannot implement sustainable practices or achieve sustainability. This paper aims to examine how leadership in organizations in Pakistan helps overcome environmental, social, and economic challenges by implementing sustainable practices.

Upon reviewing the existing literature on leadership and sustainability outcomes in large organizations in Pakistan, many studies have used quantitative research through the lens of numbers and structural equations. Such research is important and yields strong results, but it does not explore the qualitative aspects of the topic. They don’t explore how leaders understand, practice, and enact these leadership competencies in the organization. This is the main gap that this thesis aims to explore. Secondly, studies conducted in Pakistan are very industry-specific. The research was conducted in a very isolated environment. These studies do not explore sustainability outcomes in dynamic large organizations. This is another very huge gap. Third, research in this domain is complex and difficult to understand. They are left as open-ended questions without further research, creating room for criticism and raising questions about credibility.

The main objective of this research is to address the gaps identified in the literature review of existing studies. Most research conducted in Pakistan is isolated and limited to specific industries. To the best of the researchers' knowledge, a limited number of studies have examined the effects of leadership competencies on corporate sustainability outcomes in large corporations within the Pakistan context (e.g., Amir et al., 2022; Ahmad et al., 2025). These research results don’t have a holistic approach covering diverse sectors. Therefore, this research aims to examine this relationship holistically.

Four interrelated theories are brought together to draw the relationship between leadership competencies and Corporate sustainability outcomes in Pakistan. These theories provide the reasoning why leadership is essential to determine the outcomes of organizational success. These theories help explain the concept this thesis seeks to advance. The theories are presented in a systematic order; the first, the Resource-Based View (RBV), is a prominent theory. It contends that an organization's long-term performance depends not only on where it competes, but also on what it owns, knows, controls, and can outperform

© 2026 ISARC Academy

others in. RBV argues that an organization's internal resources and strong leadership can form the foundation of sustainable competitive advantage. To further support this, Strategic Leadership Theory is applied to understand the practical perspective of leadership competencies. The leadership practices in the organization are supported by Kotter's Change Management Theory. Finally, Triple Bottom Line theory explains the sustainability outcomes in the study. All these four theories are interconnected and meant to work in a chain.

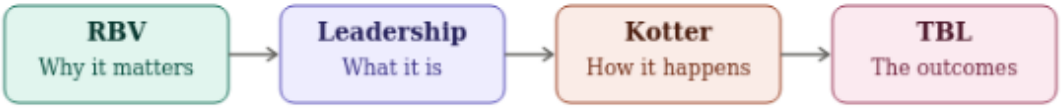


Figure 1. Flow of the Theoretical Framework

Leadership drives corporate sustainability in large organizations. Few studies have examined the role of leadership and its impact on achieving sustainability outcomes, especially in the context of Pakistan. Leadership studies show that many quantitative studies measure outcomes, but less work examines how leaders practice these outcomes. This study identifies this gap; each question addresses a specific part of it. The first two questions address the role of leadership and its competencies in achieving sustainable outcomes. The third question involves the impact of these competencies in different sectors. The fourth and fifth questions address the implementation of these competencies and also include the current development of AI and digital transformation in the context of leadership and sustainability.

Which leadership competencies are most applicable to achieving corporate sustainability results in large organizations in Pakistan?

What is the role of leadership competencies in sustainability performance in the banking, energy, and manufacturing industries?

Do sectoral differences play a critical role in the impact leadership competencies have on sustainability results?

Which leadership development approaches can improve the integration of sustainability in large organizations in Pakistan?

How does digital transformation, driven by the introduction of Artificial Intelligence (AI), influence progress on leadership strategies for sustainability?

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Research Design and Rationale

The study uses an exploratory and descriptive qualitative research design. Many quantitative studies have examined leadership and sustainability. But very few studies were conducted in qualitative design. Furthermore, the leadership discourse in Pakistan remains very scarce. Little work has been done in this particular domain where studies have carried out research regarding leadership impact on sustainability outcomes.

This study adopts a qualitative approach to explain the core relationship between leadership and sustainability outcomes. This helps us understand what leaders think and which practices they focus on. What is the general attitude of leaders towards sustainability outcomes, and how focused are they on achieving these outcomes?

© 2026 ISARC Academy

2.2. Case Selection and Participant Sampling

The industries selected for this research are Banking, Energy, and Manufacturing. These sectors contribute significantly to Pakistan's economy. Furthermore, these sectors include large organizations, which makes the research easier to conduct. Their data are readily available online and easy to verify. Leaders in these sectors have knowledge of sustainable practices and sustainability outcomes. In the Pakistan context, topics such as sustainability, leadership, sustainable practices, and procedures are relatively new. Industries are evolving and adopting these new phenomena to stay relevant in the global business world.

23 interviews were examined to obtain high-level views from organizational executives. To meet the sectoral comparison required by Proposition 2, the sample distribution was purposefully adjusted. The banking industry had the highest representation at 39.1%. Followed by the manufacturing (34.8%) and energy (26.1%) sectors. In contrast to the more conventional sectors, this distribution illustrates the high degree of formal sustainability reporting now seen in Pakistan's banking industry.

This study uses purposive sampling, examining 23 senior leaders from 4-6 organizations in each sector. Moreover, this study was conducted within a limited time frame, limiting its ability to capture long-term shifts in leadership and sustainability impact.

Table 1. Demographics and Participants Details

Demographics	Category	Description
Sector	Banking	9
	Energy	6
	Manufacturing	8
Gender	Male	13
	Female	10
Qualification	Master's degree	14
	Undergraduate degree	9
Designation	Senior leadership positions	16
	Managers	7
Interview Place	Physical (in person)	23
Interview Duration	Approximately 40 to 45 minutes	23

2.3. Data Collection and Interview Structure

Before the data collection process, ethical approval was obtained on 04.02.2026 under the number 2026-02-29 from the ethics committee of Istanbul Nisantasi University. The primary data collection method was the semi-structured interview, allowing a methodical yet conversational approach that ensured each session addressed the key research topics while letting participants delve deeper into sector-specific details. A holistic interview guide was created. As an example, when asked about "Ethical Leadership," leaders in the banking sector tended to concentrate more on artificial intelligence and digital ethics. Those in the manufacturing sector were more concerned with worker welfare and ethical supply chains. Because of this flexibility, the data were able to capture both the qualitative depth of the leadership experience and the frequency of themes.

2.4. Systematic Data Analysis via MAXQDA

MAXQDA, a modern qualitative data management tool that facilitates comprehensive thematic mapping, was used to analyze the raw data. The first step was Initial Coding. In which the researcher found passages of text associated with particular goals and abilities. These codes were not chosen at random; rather, they were based on the study's theoretical framework. With a particular emphasis on Strategic Leadership theory and TBL.

© 2026 ISARC Academy

Code Matrix Browser is used to compare patterns across sectors in order to transform raw text into useful data. This made it possible to show how "Strategic Thinking" is more prevalent in some industries than others, both graphically and statistically. Additionally, co-occurrences were found using the Code Relations Browser. For instance, the study found empirical support for the claim that ethical decision-making drives economic resilience in Pakistan by examining the intersection of ethical leadership and economic sustainability.

2.5. Ethical Considerations

Several steps were taken to establish reliability and ensure the study's integrity. A methodical coding audit trail in MAXQDA was used to preserve credibility, ensuring each finding could be linked to a specific participant segment. The study maintained strict adherence to ethical guidelines. This included obtaining permission and anonymizing identities to protect participants from any negative career consequences based on their views. Lastly, it was confirmed to the leaders that no researcher's bias would impact them or the interview outcome. This gave them full control over the answers and contributions they wanted to make in the interview.

3. DISCUSSION

To explore these leaders' perspectives, 23 qualitative interviews were conducted. The aim was to understand how leadership competencies influence corporate sustainability practices within their organizations.

Through this analysis, the study examines the relationship between leadership competencies and corporate sustainability outcomes. In particular, the research focuses on three dimensions of sustainability: environmental, social, and economic outcomes. The thematic analysis of interview findings is shown in Table 2 in the appendix.

The 23 participants' interview analysis produced 15 codes, which were further grouped into six themes and three dimensions. The three dimensions are leadership competencies for sustainability, organization and sector context, and corporate sustainability outcomes. The structure below guides the process of code generation and presents the findings.

© 2026 ISARC Academy

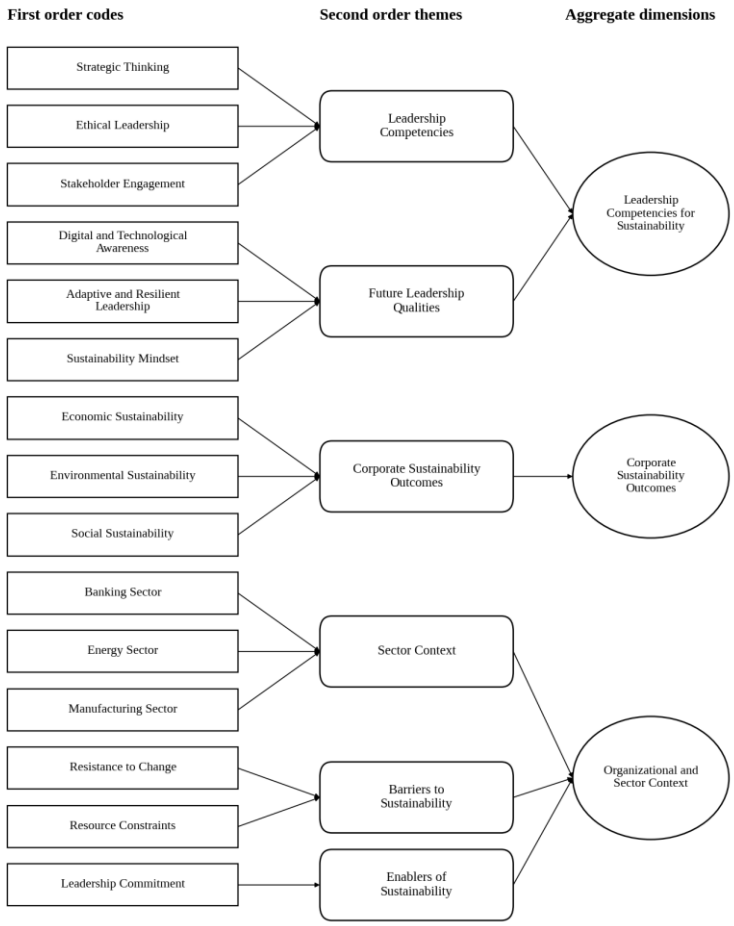


Figure 2. Data structure and Formation of Codes

3.1. Analysis of Leadership Competencies (Proposition 1)

Proposition 1: The degree of corporate sustainability and leadership abilities are positively and significantly correlated. Proposition 1 is substantially supported by the data.

Leadership behaviors and sustainability milestones are highly correlated, according to code frequencies from MAXQDA exports:

Strategic Thinking: In order to incorporate the Triple Bottom Line (TBL) into core operations, leaders often addressed "long-term vision" as a requirement.

Sustainability Impact: Organizations report greater "Resource Optimization" and "Stakeholder Trust" when executives emphasize these competencies, according to coded segments.

As Proposition 1 proposed, strategic leadership, ethical leadership, and stakeholder management positively correlate with corporate sustainability outcomes. This supports the Triple Bottom Line's economic, social, and environmental dimensions. That means that leadership competencies play an important role in achieving sustainability goals in large organizations. These 23 interviews, which are coded through MAXQDA, also provide consistent support through the results that say leadership competencies influence sustainability outcomes. They also show how participants strongly value and rely on these competencies. The results show that leaders in this sector are strongly influenced by strategic and ethical leadership, with a primary focus on stakeholder management.

© 2026 ISARC Academy

3.2. Competencies Identified by the Participants of the Leadership

The findings identify three leadership competencies. Participants in upper positions in their relevant sectors identified these competencies. Participants presented them as competencies they rely on when making decisions and have seen positive outcomes from those decisions. They make decisions based on strategy, ethics, vision, and goal orientation to ensure sustainable outcomes.

3.2.1. Strategic Thinking or Leadership

For long-term organizational standing and sustainable outcomes, participants from the banking and manufacturing sectors recognized strategic leadership as a core competency in daily decision-making. Because strategic leadership is not isolated to one concept, it is a holistic approach that encompasses many leadership skills and competencies, which later became independent theories such as ethical leadership and stakeholder management.

Both participants have discussed how strategic thinking and leadership play a vital role in decision-making. They combined strategic leadership with ethical and stakeholder management, suggesting that strategic thinking alone is not sufficient; other skills are also important to drive desired outcomes.

3.2.2. Ethical Leadership

Ethical leadership is identified as a powerful skill across all three sectors, banking, energy, and manufacturing. Almost all the participants have talked about and mentioned it one way or another. It also shows that participants are positive that ethical leadership plays an important role in sustainability outcomes.

An important note here is that most of the participants related ethical leadership to pressure, which shows that when there is time, cost, and regulatory pressure, ethical leadership is not only a passive skill but a decision-making capability under great pressure.

3.2.3. Stakeholder Engagement

In sectors such as banking and energy, stakeholder management is a crucial part of the business. It is identified as a sector-specific skill because the banking and energy sectors require trust and relationship-building competency, which stakeholder engagement supports.

Stakeholder engagement appears in some participants' answers, as this skill is sector-specific and is most often seen in banking and energy. Hence, it is not considered a universal driver of sustainability outcomes compared with strategic and ethical leadership.

3.3. The Relationship Between Competencies and Sustainability Outcome

The results show the relationship between leadership competencies and sustainability outcomes. Proposition 1 is the most supported, as participants' own thoughts and insights justify it. It shows a positive correlation between the two. In each interview, it can be noticed that sustainability outcomes can not be achieved solely. To achieve these outcomes, leadership competencies are important in an organization. It shows a pattern in which a leader makes a decision, which is transformed into a process, and an outcome is achieved. The Kotter Change Management Model explains this: an organizational process drives change and achieves the desired outcome. Hence, sustainability does not occur on its own; it requires strong leadership competencies and effective organizational processes.

This also clarifies the relationship between the competencies. Strategic leadership determines long-term organizational success through ethical decision-making and prioritizing stakeholder engagement. Similarly, ethical leadership is seen as the most competitive competency across the sectors. This shows that these competencies do not operate in isolation; they depend on one another to drive the desired

© 2026 ISARC Academy

outcome of sustainability. In their interviews, participants discussed these competencies together, showing a pattern of dependency and how interrelated these concepts are.

Therefore, leadership competencies play an important role in determining the sustainability outcomes in large organizations in Pakistan. However, these concepts are very new to the sectors of Pakistan but the participants' insights are positive about the change. They encourage young leaders to adopt these competencies and develop such skills to compete in the globalized world.

3.4. Sectoral Comparison (Proposition 2)

Proposition 2: The banking, energy, and manufacturing sectors have different corporate sustainability performance and leadership capabilities

Data show that different sectors require different leadership styles, depending on stakeholder needs.

Table 3. Sectoral Comparison

Sector	Primary Leadership Focus	Sustainability Priority	Key Finding
Banking	Ethical Leadership & AI	Social & Economic	High focus on "Digital Sustainability", "Ethical Risk Management" and “Economic Sustainability”
Energy	Strategic Leadership	Environmental	Focused on "Regulatory Compliance" and "Long-term Renewable Projects".
Manufacturing	Stakeholder management & sustainability compliance	Environmental & Economic	Centred on "Green Innovation" and transitioning legacy systems to sustainable models.

The sectoral comparison highlights how leadership varies across different sectors. This means a single leadership style cannot be implemented across different sectors. There isn't just one "best" way to lead. Based on their personality and experience, as well as the demands of their business and its organizational culture, the majority of leaders choose a specific leadership style. In the comparison table, it can be seen that in the banking sector, the primary focus of leadership is on ethics and AI digitalization. This suggests that leaders in the Banking sector lean more toward an ethical leadership style. Leadership's main aim is to focus on digital sustainability and economic sustainability. Because ethical leadership falls under the umbrella of strategic leadership, we can assume leaders take steps to strategize, stay focused, remain goal-oriented, and pursue competitive advantage.

In contrast with the energy and manufacturing sectors, the results show a higher frequency of environmental sustainability along with economic sustainability. In the manufacturing sector, leadership is essential to maintain operational effectiveness and cultivate an innovative culture that helps businesses stay competitive. Their main focus is driving results while keeping in view environmental costs and economic outcomes. The results can be seen through the lens of the Kotter change management model, which provides a blueprint for systematically executing change in clear steps. Both energy and manufacturing sectors have an impact on social, environmental, and economic sustainability. However, the results show that leaders in these sectors are more inclined toward economic and environmental advantage. There is less focus on social sustainability.

Based on the results, Proposition 2 is at an advantage. A single leadership style can not be implemented in different sectors. Each sector has its own leadership requirements, based on its operations and stakeholder management. Leadership is a dynamic approach. No single definition or characteristic can define it. Adaptability is the core of leadership. To gain sustainable advantages across different

© 2026 ISARC Academy

industries, leaders must adopt new skills and styles to deliver the best outcomes. Therefore, leadership approaches that work in one sector may not produce the same outcomes in another.

3.5. Ethical and Stakeholder Leadership (Proposition 3)

Proposition 3: Ethical leadership and stakeholder-oriented leadership are better predictors of sustainability performance compared to other qualities.

The MAXQDA "Code Relations Browser" supports Proposition 3, especially regarding social and economic sustainability.

- **Social Sustainability:** When the participants talked about "Social Sustainability" and "Employee Welfare," ethical leadership was the most often mentioned qualification.

- **Stakeholder Engagement:** The codes "Stakeholder Management" and "Economic sustainability" are closely related. Indicating that executives who oversee community and regulatory interactions provide more stable, long-term value.

The data support that ethical leadership is the most important leadership competency for driving sustainability outcomes. Stakeholders also have the position to drive sustainable outcomes. Across most data, participants noted that ethical leadership and stakeholder engagement positively influence economic, environmental, and social sustainability. Banking, energy, and manufacturing sectors are confident that these competencies and skills can drive positive, desired organizational outcomes. Most participants are leaders in their respective domains, and they also showed that when making decisions, they keep ethical bonds, strategic goal alignment, and stakeholder engagement in focus.

3.6. The Integration of Digital Transformation and AI

Interestingly, participants also mention the impact of digital transformation and AI in their respective sectors. This shows that, as technology advances, leaders must also focus on digital transformation and AI. They should develop and upgrade their skills to meet technological challenges and ensure a positive impact on the economy, environment, and society.

3.7. Policy Recommendation in Pakistan Context

To ensure the findings of these studies have a greater impact on businesses in Pakistan. The following recommendations are proposed to strengthen organizations and businesses in Pakistan.

Table 4. Policy Recommendations

Stakeholder Level	Target Sector	Recommended Policy Intervention	Expected Outcome
Regulatory Bodies	Financial Sector (SBP)	Mandate ESG and ethical governance reporting within the digital banking framework	Increased trust, transparency, and economic stability
Policymakers	Manufacturing & Industrial	Introduce green-tier tax incentives for supply chain optimization	Reduced industrial waste and lower carbon footprint
Regulatory Bodies	Energy Sector (NEPRA)	Transition licensing criteria from financial-only to TBL sustainability	Acceleration of renewable energy transition
Higher Education/Boards	All sectors	Establish localized ethical-strategic leadership training modules	Improved cross-functional leadership capabilities

© 2026 ISARC Academy

CONCLUSION

This study focused on the impact of leadership competencies on corporate sustainability outcomes in large organizations in Pakistan. The primary focus of this study to see how leadership competencies work in different sectors of Pakistan and whether sustainability outcomes can be achieved through these competencies. The study found that corporate sustainability is not achieved merely through policies, regulations, procedures, or resources, but depends heavily on leadership. Leadership plays a critical role in business and organizational processes. Good leadership drives immense desired outcomes in the organization. Without leadership, achieving corporate sustainability outcomes is hard.

The study used a qualitative research method, with 23 participants interviewed. The findings explored how corporate sustainability is understood, prioritized, and incorporated in organizations. Competencies such as strategic leadership, ethical leadership, and stakeholder management emerged as important themes. Ethical leadership was the most popular across sectors such as banking, energy, and the broader economy. Strategic leadership and stakeholder management also ranked highly.

The findings also presented to us the lens that leadership competencies can be understood through the lens of the Triple Bottom Line framework, which included economic, environmental, and social sustainability. Economic sustainability was most prominent in the codes, followed by environmental and social sustainability. Another finding was sector-specific results. In this finding, leadership competencies vary across sectors. Each sector, such as banking, energy, or manufacturing, has its own process guidelines, organizational operations, and sustainability demands; therefore, leadership also varies across these sectors. This means corporate sustainability outcomes cannot be achieved in isolation; multiple factors are involved.

The findings further show that as technology advances, leaders also focus on digital transformation and AI. Leaders encouraged new and young leaders to develop their skills in line with technological advancements. They should not rely on traditional leadership styles and practices; instead, they should develop new skills related to the digital world and ethics. They also encouraged leaders to provide strategic insights, be visionary, goal-focused, and ethically correct to achieve economic, social, and environmental sustainability.

The research propositions are supported by the findings and results gained from the interview samples. The findings should be interpreted in terms of patterns, experience, and perceived relationships rather than statistical significance. This study also provides a basis for future studies. It lays the foundation for leadership competencies in the context of Pakistan, as very few studies have examined this specific domain. The study drew on four theories not used in previous studies. The study used four theories, RBV, Strategic Studies, Kotter's Change Management Model, and Triple Bottom Line, to support its findings. The study developed a relationship between these theories, providing a unique perspective.

In conclusion, leadership plays an important role in organizational sustainability outcomes. The study determines the need for leadership competencies in organizations, mainly in Pakistan. As the concept of sustainability is very new to Pakistan. Hence, this study offers new perspectives and insights into how leadership works in large organizations in Pakistan.

REFERENCES

Ahmad, S., Xin, C., Mahmood, S., El-kenawy, E. S. M., & Alharbi, A. H. (2025). Testing the role of leadership competency and green dynamic capabilities in promoting sustainable development goals: insights from the manufacturing sector. *Humanities and Social Sciences Communications*, *12*(1), 1603.

Amir, M., Siddique, M., & Ali, K. (2022). Responsible leadership and business sustainability: Exploring the role of corporate social responsibility and managerial discretion. *Business and Society Review, 127*(3), 701-724.

Bass, B. M. (1990). *Bass & Stogdill's handbook of leadership: Theory, research, and managerial applications* (3rd ed.). Free Press.

© 2026 ISARC Academy

Bennett, N., & Lemoine, G. J. (2014). What a difference a word makes: Understanding threats to performance in a VUCA world. *Business Horizons*, *57*(3), 311–317. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2014.01.001

Burns, H., Diamond-Vaught, H., & Bauman, C. (2015). Leadership for sustainability: Theoretical foundations and pedagogical practices that foster change. *International Journal of Leadership Studies*, *9*(1).

Byl, C. Van der, Slawinski, N., & Hahn, T. (2020, May 18). *Responsible management of sustainability tensions: A paradoxical approach to grand challenges*. Edward Elgar Publishing. Www.Elgaronline.Com. https://www.elgaronline.com/edcollchap/edcoll/9781788971959/9781788971959.00038.xml

Hahn, T., Figge, F., Pinkse, J., & Preuss, L. (2018). A paradox perspective on corporate sustainability: Descriptive, instrumental, and normative aspects. *Journal of Business Ethics*, *148*(2), 235–248. https://doi.org/10.1007/s10551-017-3587-2

Hernandez, M. (2008). Promoting stewardship behavior in organizations: A leadership model. *Journal of Business Ethics*, *80*(1), 121–128. https://doi.org/10.1007/s10551-007-9440-2

Howard-Grenville, G., Joshi, A., & Tihanyi, L. (2016). Understanding and tackling societal grand challenges through management research. *Academy of Management Journal*, *59*(6), 1880–1895. https://doi.org/10.5465/amj.2016.4007

Jones, A. M. (2005). The anthropology of leadership: Culture and corporate leadership in the American south. *Leadership*, *1*, 259–278.

Khurshid, M. A., Amin, M., Al-aali, L., & Al-aali, G. (2018). A conceptual framework of the impact of total quality management and corporate social responsibility on business performance in the context of developing economy. *International Journal of Management and Applied Science*, *4*(3), 30–38.

Levey, J., & Levey, M. (2019). Mindful leadership for personal and organisational resilience. *Clinical Radiology*, *74*(10), 739–745. https://doi.org/10.1016/j.crad.2019.06.026

Parkin, S. (2010). *The positive deviant: Sustainability leadership in a perverse world*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781849776578

Sajjad, A., Eweje, G., & Tappin, D. (2015). Sustainable supply chain management: Motivators and barriers. *Business Strategy and the Environment*, *24*(7), 643–655. https://doi.org/10.1002/bse.1898

Schad, J., Lewis, M. W., Raisch, S., & Smith, W. K. (2016). Paradox research in management science: Looking back to move forward. *Academy of Management Annals*, *10*(1), 5–64. https://doi.org/https://doi.org/10.5465/19416520.2016.1162422

Schad, J., & Smith, W. K. (2019). Addressing grand challenges" paradoxes: Leadership skills to manage inconsistencies. *Journal of Leadership Studies*, *12*(4), 55–59. https://doi.org/10.1002/jls.21609

Sharma, R. R. (2019). Evolving a model of sustainable leadership: An ex post facto research. *Vision*, *23*(2), 152–169. https://doi.org/10.1177/0972262919840216

Smith, W. K. (2014). Dynamic decision making: A model of senior leaders managing strategic paradoxes. *Academy of Management Journal*, *57*(6), 1592–1623. https://doi.org/https://doi.org/10.5465/amj.2011.0932

Wright, C., & Nyberg, D. (2017). An inconvenient truth: How organizations translate climate change into business as usual. *Academy of Management Journal*, *60*(5), 1633–1661. https://doi.org/10.5465/amj.2015.0718

APPENDIX

Table 2. Thematic Analysis

Theme	Code	Frequency	Quotation	Participant Number
Leadership Competencies	Strategic Thinking	19	*"At HBL, I believe strategic vision and stakeholder engagement are the most important leadership competencies. Sustainability requires leaders who can see beyond immediate outcomes and actively collaborate with customers, regulators, and communities."*	P02 (Banking)
			"From my experience as a Production Engineering Manager in a Pakistani manufacturing organization, the most critical leadership competencies for achieving sustainability are strategic vision, ethical judgment, and operational decision-making capability."	P23 (Manufacturing)
	Ethical Leadership	25	*"Ethical judgment has the more impact in my opinion. In banking, trust and transparency are fundamental. And ethical leadership is the core fundamental approach."*	P03 (Banking)
			"In my experience, ethical judgment have the greater impact on sustainability performance in our sector."	P19 (Manufacturing)
			"As an Engineer, I believe strategic leadership develops ethical judgement and it plays an important role in the energy sector because it determines whether leaders uphold sustainability standards when facing cost or time pressures."	P10 (Energy)
	Stakeholder Engagement	5	*"The core of a Banking relationship is to develop good relationships with customers and stakeholders. At my organisation my top priority is to satisfy and look after my stakeholders demands."*	P01 (Banking)
			"Working in the energy sector is challenging. As a leader myself I try to prioritize the regulatory requirements and stakeholder demands. They are the main part of our business."	P13 (Energy)
Corporate Sustainability Outcomes	Economic Sustainability	21	*"We, as leaders in the banking sector, are adopting more steps to bring sustainable outcomes. Our primary focus is economic sustainability as our industry models focus more on financials."*	P04 (Banking)

© 2026 ISARC Academy

Theme	Code	Frequency	Quotation	Participant Number
			"One example is when leadership prioritized process efficiency and preventive maintenance over short-term production targets. This reduced unplanned breakdowns, energy wastage, and material loss."	P23 (Manufacturing)
	Environmental Sustainability	11	*"Working in the manufacturing sector I have observed and adopted is leadership's decision to invest in water reclaim and reuse systems. This initiative has enabled the reuse of a large volume of water in production processes, helping reduce freshwater consumption."*	P20 (Manufacturing)
			" I once encouraged my team to prioritize digital banking solutions for regular customers instead of paper based processes. This reduced documentation waste and improved service efficiency while also lowering operational costs."	P06 (Banking)
	Social Sustainability	6	*"In my opinion social responsibility comes in the terms of customer satisfaction. In my organisation our primary focus is to prioritise our customer demands and develop a relationship of trust and honesty."*	P06 (Banking)
			"Social sustainability is influenced through adherence to occupational health and safety standards. While economic sustainability is achieved by minimizing operational risks, avoiding regulatory penalties, and ensuring uninterrupted production and supply continuity."	P19 (Manufacturing)
Sector Context	Banking Sector	10	*"The banking sector emphasizes governance, social impact, and responsible financing rather than direct environmental control. Compared to manufacturing or energy, banks act as enablers of sustainability rather than direct producers."*	P02 (Banking)
	Energy Sector	6	*"I believe in the energy sector, sustainability is operational. Our environmental impact is immediate and measurable. Which places greater responsibility on my shoulders as a leader to ensure compliance and efficiency."*	P10 (Energy)

© 2026 ISARC Academy

Theme	Code	Frequency	Quotation	Participant Number
	Manufacturing Sector	7	*"As a leader I always emphasise that sustainability priorities are heavily focused on energy consumption, water usage, packaging waste, and supply chain efficiency."*	P23 (Manufacturing)
Barriers to Sustainability	Resistance to Change	3	*"One major challenge is resistance to change. Sustainability initiatives are sometimes seen as secondary to short-term financial goals."*	P03 (Banking)
	Resource Constraints	8	*"The biggest challenge Pakistan is facing is the mindset barrier. Sustainability is still perceived as an additional expense rather than a value creating strategy. Limited financial resources, weak regulatory enforcement, and lack of sustainability metrics make it difficult to justify long-term investments."*	P23 (Manufacturing)
Enablers of Sustainability	Leadership Commitment	1	*"As in Pakistan sustainability remains a very new concept. I think it takes a lot of courage to initiate the approach of sustainability in the businesses in Pakistan."*	P17 (Manufacturing)
Future Leadership Qualities	Digital and Technological Awareness	6	*"I personally encourage the new generation and young leaders to make sure to develop a foundation of sustainability in their respective organisations. Encourage the employees and stakeholders to focus on the sustainable outcome."*	P05 (Banking)
	Adaptive and Resilient Leadership	2	*"I believe the leadership should be dynamic in terms that leaders should have strategic vision, ethical judgement, visionary, goal oriented and have digital literacy."*	P06 (Banking)
	Sustainability Mindset	8	*"With the advancement in technology and manufacturing sector. Traditional leadership styles are no more relevant. I encourage young Pakistani leaders to come with new ideas and develop dynamic approaches in the field. They must have skills regarding AI, digital transformation and technology advancement."*	P23 (Manufacturing)

© 2026 ISARC Academy

DERSTEN BECERİYE: TÜRK EĞİTİM SİSTEMİNDE HALK KÜLTÜRÜ ÖĞRETİMİNİN DÖNÜŞÜMÜ (2006-2024)

Doç. Dr. Halil Erdem ÇOCUK

Karamanoglu Mehmetbey University, Faculty of Education, Department of Turkish Language Education, 70100 Merkez, Karaman

ORCID ID: 0000-0003-0027-4223

Cansu İrem SOLAK

Karamanoglu Mehmetbey University, Faculty of Education, Department of Turkish Language Education, 70100 Merkez, Karaman

ORCID ID: 0009-0001-1655-0969

Şifa Hatun ŞAHİN

Karamanoglu Mehmetbey University, Faculty of Education, Department of Turkish Language Education, 70100 Merkez, Karaman

ORCID ID: 0000-0002-1925-4364

ÖZET

Bu araştırmada, Türkiye'de ortaokul ve imam hatip ortaokullarında uygulanan Halk Kültürü Dersi Öğretim Programının tarihsel gelişimi ve içerik bakımından geçirdiği değişimler incelenmiştir. Araştırmada doküman incelemesi yöntemi kullanılmış; Millî Eğitim Bakanlığı kaynakları, Talim ve Terbiye Kurulu kararları ve ilgili akademik yayınlar değerlendirilmiştir.

Halk Kültürü dersi, kültürel mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılması amacıyla 2006 yılında öğretim programına dâhil edilmiş ve 6, 7 ve 8. sınıflarda seçmeli ders olarak yapılandırılmıştır. İlk programda Türk kültürüne ve tarihine ait değerlerin korunması ön plandayken, 2018 yılında yapılan güncellemeyle programın kapsamı genişletilmiştir. Dört temel öğrenme alanı etrafında şekillendirilen yeni programda kültürel kimlik, halk edebiyatı, halk sanatları, geleneksel yaşam ve halk bilgisi konularına yer verilmiştir. Ayrıca değerler eğitimi, uygulamalı öğrenme, müze gezileri ve multimedya kullanımı aracılığıyla öğrencilerin kültürel mirasa ilişkin farkındalıklarının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Araştırma sonucunda, 2006 ve 2018 öğretim programları arasında içerik, öğrenme alanları ve öğretim yaklaşımı bakımından değişimler olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, 2024 yılında uygulamaya konulan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli kapsamında Halk Kültürü dersinin bağımsız bir ders olarak yer almadığı, kültürel içeriğin ''kültür okuryazarlığı'' becerisi çerçevesinde ele alındığı tespit edilmiştir. Araştırma, bilgi odaklı bir ders yapısından, öğrencilerin yerel ve milli kültür değerlerini beceri, eylem ve tutuma dönüştürdüğü bütüncül ve süreç odaklı bir öğrenme alanına dönüştürülmüştür. Bu doğrultuda, Halk Kültürü Dersi Öğretim Programı'nın tarihsel dönüşümünü ortaya koyarak kültürel mirasın eğitim yoluyla aktarılmasındaki yerini değerlendirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Halk kültürü, kültürel miras, kültür okuryazarlığı, öğretim programı.

© 2026 ISARC Academy

FROM COURSE TO COMPETENCY: THE TRANSFORMATION OF FOLK CULTURE EDUCATION IN THE TURKISH EDUCATIOM SYSTEM (2006 – 2024)

ABSTRACT

This study examines the historical development and content-related transformations of the "Folk Culture" (Halk Kültürü) curriculum implemented in middle schools and *imam hatip* middle schools in Turkey. The research employs a document analysis method, evaluating resources from the Ministry of National Education, decisions by the Board of Education and Discipline, and relevant academic publications.

The Folk Culture course was introduced into the curriculum in 2006 with the aim of preserving cultural heritage and transmitting it to future generations; it was structured as an elective subject for the 6th, 7th, and 8th grades. While the initial curriculum focused primarily on preserving values associated with Turkish culture and history, the scope was expanded through an update in 2018. The revised curriculum, organized around four core learning domains, encompasses topics such as cultural identity, folk literature, folk arts, traditional life, and folklore. Furthermore, it aims to enhance students' awareness of cultural heritage through values education, experiential learning, museum visits, and the use of multimedia.

The study reveals that there were significant shifts between the 2006 and 2018 curricula regarding content, learning domains, and pedagogical approaches. Additionally, it is noted that under the "Century of Turkey Education Model" (*Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli*), implemented in 2024, the Folk Culture course is no longer included as a standalone subject; instead, its cultural content is addressed within the framework of "cultural literacy" skills. The field of study has shifted from a knowledge-centered instructional structure to a holistic, process-oriented learning domain in which students transform local and national cultural values into skills, actions, and attitudes. In this context, the study examines the historical evolution of the Folk Culture Curriculum and evaluates its role in the transmission of cultural heritage through education.

Keywords: Folk culture, cultural heritage, cultural literacy, curriculum, "Century of Türkiye" Education Model

GİRİŞ

Kültürel miras, bir toplumun geçmişi ile bugünü arasında köprü kuran, ulusal kimliğin korunmasında ve gelecek nesillere aktarılmasında kritik bir rol oynayan hayati bir unsurdur. Küreselleşme süreçlerinin ve gelişen teknoloji araçlarının yerel kültürler üzerinde yarattığı standartlaştırma etkisi ile somut olmayan kültürel mirasa sahip çıkılmasını ve bu değerlerin eğitim yoluyla korunmasını zorunlu kılmaktadır. Buna göre, uluslararası alanda atılan adımlardan biri, UNESCO tarafından 17 Ekim 2003 tarihinde kabul edilen ve Türkiye'nin 27 Mart 2006 tarihinde resmen taraf olduğu Somut Olmayan Kültürel Mirasın Korunması Sözleşmesi'dir. Sözleşmenin 14. maddesinde, taraf devletlerin örgün ve yaygın eğitim programları aracılığıyla kültürel mirasın korunmasına yönelik uygun önlemler almaları belirtilmektedir.

Türkiye'de uluslararası sorumluluklar ve millî eğitim amaçları çerçevesinde, kültürel mirasın okullarda sistematik olarak ele alınması amacıyla yapılandırmalar yapılmıştır. Bu kapsamda, orta okullarda kültürel değerlerin aktarılması ve millî bilincin oluşturulması amacıyla 2006 yılında Halk Kültürü dersi öğretim programına dâhil edilmiş ve 6, 7 ve 8. sınıflarda seçmeli ders olarak yapılandırılmıştır. Toplumsal gereksinimlerin dönüşümü, eğitim yönetmeliklerindeki değişim ve öğretim programlarının yeniden yapılandırılmasına yönelik girişimler çerçevesinde Halk Kültürü Dersi Öğretim Programı 2018 yılında güncellenmiş; dört temel öğrenme alanı, değerler eğitimi ve uygulamalı öğrenme etkinlikleriyle kapsamı genişletilmiştir.

© 2026 ISARC Academy

Son olarak, 2024 yılında uygulamaya konulan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM) ile birlikte Türk eğitim sisteminde değişimine gidilmiştir. Bu yeni modelde Halk Kültürü dersi bağımsız bir ders olarak yer almazken, kültürel içerik ve miras aktarımı "kültür okuryazarlığı" becerisi çerçevesinde bütüncül bir yaklaşımla ele alınmıştır. TYMM içinde kültür işlenişi yerini ‘’Erdem-Değer-Eylem’’ biçimine evrilmiştir.

Bu araştırmanın temel amacı, Türkiye’de ortaokul ve imam hatip ortaokullarında uygulanan Halk Kültürü Dersi Öğretim Programı’nın 2006’dan 2024’e kadar geçirdiği tarihsel gelişimi, içerik değişimlerini ve dönüşüm süreçlerini incelemektir. Doküman incelemesi yöntemiyle yürütülen bu çalışmada; Millî Eğitim Bakanlığı kaynakları, Talim ve Terbiye Kurulu kararları ve konuyla ilgili akademik alan yazın değerlendirilmiştir. Araştırma, Halk Kültürü dersinin bilgi odaklı bir yapıdan süreç ve beceri odaklı bir öğrenme alanına evrilme sürecini ortaya koyarak kültürel mirasın eğitim yoluyla aktarılmasındaki rolünü tartışmayı amaçlamaktadır.

KURAMSAL ÇERÇEVE

Halk Kültürü Öğretim Programı’nın temeli, UNESCO’nun 17 Ekim 2003 tarihinde kabul ettiği, Türkiye’nin de 27 Mart 2006 tarihinde resmi olarak katıldığı Somut Olmayan Kültürel Mirasın Korunması Sözleşmesi’ne dayanmaktadır. Sözleşmenin amaçlarından biri olan, somut olmayan kültürel bir unsurun yerel, ulusal ve uluslararası düzeyde bilgisinin arttırılmasıdır. Dokuz bölüm ile kırk maddeden oluşan sözleşmede 14.madde ön plandadır. ‘’Eğitim, Duyarlılığın ve Kapasitenin Güçlendirilmesi’’ başlıklı madde ile taraf devletlerin uygun önlemleri alması beklenmektedir (Kutlu, 2009). Sözleşmenin bu maddesi altında taraf devletlerin, somut olmayan kültürel mirasın toplumda tanınması, saygı duyulması ve geliştirilmesi amacıyla eğitim programları, yaygınlaştırma çalışmaları ve kapasite geliştirme önlemleri alması hedeflendi. Oğuz (2005), sözleşmenin amaçlarında birinin, üst seviye duyarlılık ve farkındalık kazandırmak olduğu; alınan önlemlerin başında eğitimin geldiğini ifade etmektedir. Ek olarak, örgün ve yaygın eğitim programlarında somut olmayan kültürel mirasın korunmasının yer alması gerektiği öngörmektedir.

1. Halk Kültürü 2006 Öğretim Programı

Halk kültürü için hazırlanan 2006 Ders Programı, 12 Mayıs 2006 tarihinde ‘’İlköğretim Seçmeli Halk Kültürü (6. sınıf) Dersi Öğretim Programı’’ adıyla 135 sayılı Talim ve Terbiye Kurulu kararı ile kabul edilmiştir. Aynı sayılı karar içinde 7.sınıf seçmeli halk kültürü dersi programının ise 24 Temmuz 2007 tarihi ile 2007- 2008 öğretim yılında uygulanacağı belirtilmektedir. Talim ve Terbiye Kurulu tarafından yayınlanan 4 Haziran 2007 tarihli 111 sayılı kararla “İlköğretim Okulu Haftalık Ders Çizelgesi” içinde 15. Madde ile 6, 7 ve 8. Sınıfların herhangi birinde veya tamamında okutulabileceği, 7 veya 8. sınıflarda seçilmesi durumunda öğretmenin uygun göreceği önceki sınıflara ait temel kazanımlar da verileceği fakat kademeli geçiş dolayısıyla 2007-2008 eğitim öğretim yılında 8. sınıflarda Seçmeli Halk Kültürü dersi okutulamayacağı bilgisi yer almaktadır Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, 2006).

Millî Eğitim Bakanlığı (2006) programın genel amacını “Türk kültürünü ve tarihini oluşturan temel öge ve süreçleri kavrayarak, milli bilincin oluşmasını sağlayan kültürel mirasın korunması ve geliştirilmesi gerektiğini kabul eder.” Şeklinde açıklamaktadır. Elbay (2022) *Türkiye'de Geliştirilen Ortaokul Seçmeli Halk Kültürü Öğretim Programlarının Karşılaştırmalı Analizi* adlı araştırmasında Halk Kültürü 2006 Ders Programı’nı, ortaokul seviyesinde halk kültürünün seçmeli ders olarak müfredata girmesindeki ilk resmi adımlardan biri ve sonraki yıllarda (2007, 2008 ve 2018) güncellenen programların temeli niteliğinde olduğu belirtmektedir. Ek olarak, ilk versiyonun yapılandırmacı (constructivist) eğitim anlayışının izlerini taşıdığını belirtmektedir. 2006 programı ile 2007-2008 programları farklar Tablo 1 içinde verilmektedir.

© 2026 ISARC Academy

Tablo. 1. Halk Kültürü Programı (2006- 2007 -2008) Farkları

Özellik / Boyut	2006 Programı	2007- 2008 Programları
Eğitim Yaklaşımı	Öğrenci merkezli, yapılandırmacı (Constructivist) yaklaşım	Yapılandırmacı yaklaşımın devamı ve genişletilmiş hali
Sınıf Düzeyi & Ders Saati	6, 7 ve 8. sınıflar (Haftalık 1 veya 2 ders saati)	6, 7 ve 8. sınıflar (Haftalık 1 veya 2 ders saati)
Kazanım Sayısı & Yapısı	Temel düzeyde, genel çerçeveyi çizen sınırlı sayıda kazanım	Sınıf düzeylerine göre derecelendirilmiş ve artırılmış kazanım
Temel Beceriler	Araştırma, gözlem, kültürel derleme yapma, eleştirel düşünme	İletişim, problem çözme, bilgi teknolojilerini kullanma

(Elbay, 2022)

2. Halk Kültürü 2018 Öğretim Programı

Halk Kültürü 2018 Öğretim Programı, 1739 sayılı Milli Eğitim Temel Kanunu içinde yer alan 2. Maddede ifade edilen "Türk Milli Eğitiminin Genel Amaçları" ile "Türk Milli Eğitiminin Temel İlkeleri'' esas alınarak hazırlanmıştır (Millî Eğitim Bakanlığı, 2018). Halk Kültürü Dersi Öğretim Programı'nın özel amaçları ise şu şekilde belirlenmiştir:

1. Kültür ve halk kültürü arasındaki ilişkiyi kavramalarını sağlamak,
2. Halk kültürü içinde farklı dönem ve mekanlarda yaşanan toplumsal uygulamalar arasındaki benzerlik ve farklılıkları belirleyerek değişim ve sürekliliği algılamalarını sağlamak,
3. Halk kültürü içinde sözlü anlatımların yerini ve önemini fark etmelerini sağlamak,
4. Halk kültürü içinde halkın ürettiği bilgileri ve bilgi üretme alanlarını eleştirel bakış açısıyla düşünmelerini sağlamak,
5. Halk kültürü içinde halk sanatlarının yerini ve önemini fark etmelerini sağlamak,
6. Gösteri sanatlarının halk kültürü içindeki yerini ve günümüzdeki biçimlerini belirlemelerini sağlamak
7. Türkiye Cumhuriyeti Devleti tarafından 2006 yılında taraf olunan Somut Olmayan Kültürel Mirasın Korunması Sözleşmesi'nde tanımlanan kültürel mirasın korunması, aktarılması, yaşatılması ve geliştirilmesi gerekliliğini fark etmelerini sağlamak,
8. Halk kültürünün ögelerinin benimsemesini ve her fırsatta benimsetmeye çalışmalarını sağlamak olarak belirlenmiştir (MEB, 2018)

1739 sayılı kararname için programın temel amaçları da belirlenmiştir. Buna göre, öğrencilerin Türk halk kültürünü tanımaları, yaşatmaları ve kültürel kimlik bilinci kazanmaları olarak belirlenmiştir. Bunlara ek, kültürel mirasın korunması ve gelecek kuşaklara aktarılmasında rol oynamaları da beklenmektedir. Programın, amaçları dışında öğrenme alanları da ele alınmıştır. Bu bağlamda, Halk Kültürü 2018 Öğretim Programı dört ana öğrenme alanı üzerine kuruludur. Bunlar:

- Kültürel Kimlik ve Değerler
- Halk Edebiyatı ve Sözlü Kültür
- Halk Sanatları ve El Sanatları
- Geleneksel Yaşam ve Halk Bilgisi şeklindedir. Her öğrenme alanı; kazanımlar, etkinlik örnekleri ve ölçme-değerlendirme yaklaşımları ile desteklenmiştir (Millî Eğitim Bakanlığı, 2018).

© 2026 ISARC Academy

Elbay (2022)'e göre, 2018 müfredatı, önceki yıllarda (2006, 2007, 2008) hazırlanan programlara kıyasla daha güncel eğitim yaklaşımları, kazanım yapıları ve öğrenme alanları çerçevesinde yeniden düzenlenmiştir. Buna ek biçimde, 2018 müfredatın Halk Kültürü Dersi Öğretim Programında on kök değer belirlenmiş, ilave olarak aile birliğine önem verme, alçak gönüllük, çalışkanlık, dayanışma, kültürel mirasa duyarlılık, estetik, güven, merhamet, misafirperverlik, paylaşma, tasarruf ve son olarak vefa da (MEB, 2018) eklenmiştir.

2018 Halk Kültürü Dersi Öğretim Programı 5-8. sınıflarda her sınıf düzeyi için haftada iki ders saati olmak üzere toplam 72 saatlik bir süre öngörülerek hazırlanmıştır (Millî Eğitim Bakanlığı, 2018). Ders kapsamında dikkat edilecek hususlar, on madde ile açıklanmıştır. Buna göre,

- Gözlem ve araştırmaya yardımcı olunmalı,
- Diğer branş dersler ile ilişkilendirilmeli,
- Uygulamalı olarak hareket edilmeli,
- Müze, fuar gibi inceleme gezileri yapılmalı,
- Çoklu multimedya araçları kullanımı desteklenmeli,
- Yakından uzağa ilkesi ile farklı yaşam biçimleri verilmeli şeklinde belirlenmiştir.

Bu bağlamda hazırlanan kazanımlar ise Sözlü Anlatımlar, Gösteri Sanatları, Toplumsal Uygulamalar, Halk Bilgisi, El Sanatları Geleneği, Somut Olmayan Kültürel Mirası Koruma başlıkları olarak belirlenmiştir. Tablo 2 içinde sınıf düzeylerine göre kazanımlar verilmiştir.

Tablo.2. Kazanımlar Tablosu

Somut Olmayan Kültürel Mirası Koruma Kazanımları	
5.sınıf	Bu öğrenme alanında kültür aktarımının sağlanması, benimsenmesi ayrıca korunmasında müzelerin yeri ve önemi verilmelidir, HK.5.6.1. Müzelerin kuşaklar arası iletişim ve kültür aktarımı sağlamasındaki önemini kavrar. HK.5.6.2. Kültürel mirası benimseme ve koruma konusunda duyarlı olur.
6.sınıf	Bu öğrenme alanında kültür aktarımının sağlanması, benimsenmesi aynıca korunmasında müzeleri yeri ve önemi verilmelidir. HK.6.6.1. Kültürel ögelerin toplanması, korunması ve müzeleştirilmesinin önemini kavrar. HK.6.6.2. Kültürel mirası benimseme ve koruma konusunda duyarlı olur.
7.sınıf	Bu öğrenme alanında farklı dönemlerin yaşamıyla ilgili bilgi edinmek amacıyla müze ziyaretlerinin yapılması sağlanmalıdır. Ayrıca öğrenciler kültür turizminde kullanılan halk kültürü ürünlerini araştırmaya yönlendirilmelidir HK.7.6.1. Kültür turizminde yararlanılan halk kültürü ürünlerini araştırır. HK.7.6.2. Müzelerin halk kültürünü yansıtan sergileri aracılığıyla dönemin halk hayatını tanır.
8.sınıf	Bu öğrenme alanında öğrencilerin Somut Olmayan Kültürel Mirasın Korunması Sözleşmesi'nde belirtildiği gibi somut olmayan kültürel miras ile somut kültürel ve doğal miras arasındaki köklü ve karşılıklı ilişkiyi fark etmeleri sağlanmalıdır. HK.8.6.1. Somut Olmayan Kültürel Mirasın Korunması Sözleşmesi'nin halk kültürünün korunmasındaki rolünü fark eder.

BULGULAR

Halk Kültürü Dersi Öğretim Programı'nın tarihsel gelişimi ve dönüşüm süreçleri incelendiğinde, dersin ortaya çıkışında uluslararası düzenlemelerin ve taraf olunan sözleşmelerin belirleyici bir role sahip

olduğu görülmektedir. Türkiye'nin 27 Mart 2006 tarihinde taraf olduğu UNESCO Somut Olmayan Kültürel Mirasın Korunması Sözleşmesi'nin 14. maddesi, taraf devletlerin örgün ve yaygın eğitim programları vasıtasıyla kültürel mirasın korunmasına, toplumda tanınmasına ve yaşatılmasına yönelik adımlar atmasını öngörmektedir. Bu uluslararası sorumluluklar ve millî eğitimin temel amaçları doğrultusunda Halk Kültürü dersi, kültürel mirasın korunarak gelecek kuşaklara aktarılması amacıyla 2006 yılında ortaokul ile imam hatip ortaokullarının 6, 7 ve 8. sınıflarında seçmeli ders olarak müfredata dâhil edilmiştir.

Talim ve Terbiye Kurulunun 12 Mayıs 2006 tarihli ve 135 sayılı kararıyla kabul edilen ilk program, "İlköğretim Seçmeli Halk Kültürü (6. Sınıf) Dersi Öğretim Programı" adını taşımakta olup Türk kültür ve tarihine ait temel öge ve süreçlerin kavranması ile millî bilincin oluşturulmasını merkeze almıştır. 2007-2008 öğretim yılında 7. sınıflar için de uygulamaya konulan program, kademeli geçiş nedeniyle ilk aşamada 8. sınıflarda okutulamamıştır. İlk dönem programı, yapılandırmacı (*constructivist*) ve öğrenci merkezli bir eğitim anlayışıyla tasarlanmış; genel çerçeveyi çizen sınırlı sayıda kazanım ve temel beceriler üzerine kurgulanmıştır. Alan yazındaki bulgular incelediğinde, 2006 programındaki değerler eğitiminde en sık vurgulanan ögenin "kültürel mirası yaşatmaya duyarlık" değeri olduğu, bunu sırasıyla farklılıklara saygı duyma, estetik, sorumluluk ve hoşgörü değerlerinin izlediği; dayanışma, yardımseverlik ve misafirperverlik gibi değerlerin ise daha az oranda yer bulduğu tespit edilmiştir.

Toplumsal ihtiyaçlar ve eğitim sistemindeki yeniden yapılanma süreçleri doğrultusunda Halk Kültürü Dersi Öğretim Programı 2018 yılında kapsamlı bir güncellemeden geçirilmiştir. 2018 programı ile birlikte dersin kapsamı 5, 6, 7 ve 8. sınıfların tamamını içerecek şekilde sarmal bir yapıda genişletilmiş ve her sınıf düzeyi için haftada iki ders saati olmak üzere toplam 72 saatlik bir eğitim süresi planlanmıştır. Yeni program; "Kültürel Kimlik ve Değerler", "Halk Edebiyatı ve Sözlü Kültür", "Halk Sanatları ve El Sanatları" ile "Geleneksel Yaşam ve Halk Bilgisi" olmak üzere dört ana öğrenme alanı etrafında şekillendirilmiştir. Kazanımlar ise Sözlü Anlatımlar, Gösteri Sanatları, Toplumsal Uygulamalar, Halk Bilgisi, El Sanatları Geleneği ve Somut Olmayan Kültürel Mirası Koruma başlıkları altında derecelendirilmiştir. Bu dönemde öğretim yaklaşımı, sadece teorik bilgi aktarımından ziyade uygulamalı öğrenmeye kaydırılmış; öğretmenlerin gözlem, araştırma, müze ve inceleme gezileri, çoklu multimedya kullanımı ve dersi diğer disiplinlerle ilişkilendirme gibi yöntemleri kullanması esası getirilmiştir. Ayrıca programda yer alan kök değerlere ek olarak aile birliği, alçakgönüllülük, çalışkanlık, dayanışma, kültürel mirasa duyarlılık, estetik, güven, merhamet, misafirperverlik, paylaşma, tasarruf ve vefa gibi özel değerler öğretim sürecine dâhil edilmiştir.

2024 yılında yürürlüğe giren Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM) ile birlikte Türk eğitim sisteminde yeniden yapılandırmaya gidilmiş ve bu süreç Halk Kültürü dersinin yapısında köklü bir dönüşüme yol açmıştır. Yeni model kapsamındaki incelemelerde, Halk Kültürü dersinin artık bağımsız bir seçmeli ders olarak müfredatta yer almadığı tespit edilmiştir. Buna karşın kültürel içerik ve miras aktarımı, disiplinler arası bir yaklaşımla "kültür okuryazarlığı" becerisi çerçevesine taşınmış ve kültürün işlenişi "Erdem-Değer-Eylem" yapısına dönüştürülmüştür. Nitekim güncel alan yazın incelemeleri, yeni müfredata uygun hazırlanan Türkçe ve edebiyat ders kitaplarında yer alan halk bilimi unsurlarının bu değerler çerçevesini tamamladığını göstermektedir.

Özetle bulgular; Halk Kültürü Dersi Öğretim Programı'nın 2006'daki ilk adımda bilgi odaklı ve sınırlı bir yapıyla başladığını, 2018'de sarmal, uygulama odaklı ve geniş kapsamlı bir öğretim programına dönüştüğünü, 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli ile birlikte ise ayrı bir ders olmaktan çıkarak beceri ve süreç odaklı bütüncül bir öğrenme alanının ("kültür okuryazarlığı") parçası hâline geldiğini ortaya koymaktadır.

SONUÇ

Halk Kültürü Öğretim Programı, 2006 yılı SOKÜM Sözleşmesi sonucunda eğitim programı içine dahil edilmiştir. Bu sözleşme kararına göre, yaygın ve örgün eğitim içinde somut olmayan kültürel miras ürünleri yer alması gerektiği dile getirilmiştir. Bu bağlam sonucunda, 2006 yılında haftalık olarak iki saat verilecek bir ders programı oluşturulmuştur. Program 5. 6. Ve 7. sınıfları dahil etmiş fakat 8. sınıfları

© 2026 ISARC Academy

bu öğretim içine almamıştır. Ayrıca bir öğretim programı olarak değil, eğitim (seçmeli ders) programı olarak ele alınmıştır. ‘’Halk Kültürü Eğitim Programı’’ içinde genel amaç olarak, Türk tarihi ve kültürünü öğretmek, milli bir bilincin oluşması amaçlanmıştır. Genel amaç düzeyinde şu şekilde yer almaktadır: “Türk kültürünü ve tarihini oluşturan temel öge ve süreçleri kavrayarak, milli bilincin oluşmasını sağlayan kültürel mirasın korunması ve geliştirilmesi gerektiğini kabul eder” (Millî Eğitim Bakanlığı, 2006) şeklinde açıklanmıştır. Halk Kültürü Dersi Öğretim Programı’nın öğrenciye kültürel değerlerin yozlaşıp yok olmasını önleme, onları koruyup arıtarak yerelliklerine ve ulusallıklarına çağdaş boyutlar katma bilincini kazandıracağı belirtilmiştir (Kemiksiz, 2004).

Fatma Ünal (2013) ‘’İlköğretim Sosyal Bilgiler Ders Kitaplarında Yer Alan Halk Kültürü Ögelerinin Değerlendirilmesi’’ adlı makalesinde konu hakkında eleştirilerini sunmuştur. Ünal’a göre, Öğretim programına göre hazırlanan sosyal bilgiler ders kitaplarında da kültür konusuna programın kazanımları doğrultusunda yer verildiği görülmektedir ancak sosyal bilgiler ders kitaplarında hemen hemen bütün konuların sunumunda halk kültürü ögelerine yer vermek mümkündür. Buna ek olarak, alan yazın taramasında sosyal bilgiler ders kitaplarında bütüncül bir yaklaşımla halk kültürünün hiçbir araştırmaya konu edinilmediği gördüğünü belirtmiştir.

Ömer Kemiksiz (2014), Halk Kültürü Dersindeki değerler eğitimini de şu şekilde açıklamıştır: Halk Kültürü Dersi Programı’nda yer alan değerlerden kültürel mirası yaşatmaya duyarlık değeri üç sınıf seviyesinde toplam 22 kez kullanılarak en fazla kullanılan değer olmuştur. Diğer değerlerden farklılıklara saygı duyma 19, estetik ve sorumluluk 12, hoşgörü ise 10 kez kullanılmıştır. 5 kez kullanılan dayanışma, 2 kez kullanılan yardımseverlik ve 1 kez kullanılan misafirperverlik değerleri en az kullanılan değerler olarak dikkati çekmektedir (sf.303).

2006 Halk Kültürü Ders Programı’nın yapımında A.Ü. DTCF Halkbilim Bölümü UTMK Somut Olmayan Kültürel Miras İhtisas Komitesi Üyesi olarak görev alan Muhtar Kutlu, konu ile ilgili şu sözleri söylemiştir: Halk Kültürü dersi, toplumsal ve kültürel yaşamımızın değişik alanlarda düşünce, eğilim, tutum ve onları ayıran, besleyen, kaynak durumunda olan bir “kültür” dersidir. Bu konunun seçimlik derslerine yönelik tutum ve tutumlarla değerlendirilmemek gerekir. Bu nedenle Halk Kültürü dersleri seçmeli zorunlu dersler değil olarak okutulmalıdır.

2018 yılında ise Halk Kültürü Öğretim Programı oluşturulmuştur. Bu program içinde, halk kültürü dersi bir amaç, süre, kazanımlar ve değerler olarak ciddiyet kazanmıştır. Ayrıca, bu program içine

8.sınıflar da dahil edilmiştir. Sarmal bir eğitim sistemi için sözlü anlatımlar, gösteri sanatları, toplumsal uygulamalar, halk bilgisi, el sanatları gelenekleri, somut olmayan kültürel miras ürünleri ve bilgisi ile konu başlıkları oluşturulmuştur. Her konu başlığı kendi içinde kazanımları belirlenmiş, süre oluşturulmuştur. Programın, temel noktası olarak da ‘’uygulama’’ yapmak oluşturulmuştur. Kazanımlar konusu başlığında yer alan tablo ile örneklendirilmiş olan bir uygulama sistemi gösterilmiştir.

Halk Kültürü 2018 Öğretim Programı’na, 2024 yılında bakanlık tarafından eğitime dahil edilen Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli içinde yer verilmemiştir. TYMM içinde kültür okuryazarlığı içinde dolaylı olarak verilmiştir. Halk kültürü, bağımsız bir ders olarak şu anki müfredat içinde yer almamaktadır.

Bayraktar ve Erol Çalışkan (2024) tarafından yapılan ‘’Yeni Müfredata Uygun Hazırlanan Türkçe ve Edebiyat Ders Kitaplarında Yer Alan Halk Bilimi Unsurları Üzerine Bir Değerlendirme’’ adlı çalışmada, ‘’yeni müfredata uygun olarak hazırlanan Türkçe ve edebiyat ders kitapları, halk bilimi unsurlarını içermekte ve özellikle değerler eğitimi açısından önemli bir rol oynamaktadır’’ şeklinde sonuca ulaşılmıştır. Makaleye göre, "Erdem-Değer-Eylem" çerçevesinde verilen değerler ile kitaplarda yer alan halk bilimi unsurlarının birbirini tamamladığı söylenmiştir.

Son olarak, halk kültürü öğelerinin, Türk kimliği ve Türk kültürünün inşası, gelişimi ve sürekliliği açısından Halk Kültürü Eğitim Programlarının devamlılığı sağlanmalıdır. Bu noktada, bir kültürün öğretilmesi ve dikkat unsuru olarak görülmesi için ‘’ders içeriği’’ görülmesi yerine, bir program içinde yer almalıdır. Belli kazanımları, konu ve temaları, değerleri ve amacı olan bir öğretim programı olarak desteklenmelidir. Bu konuda, 2018 Halk Kültürü Öğretim Programı’nın uygulama odaklı eğitiminin, bu

© 2026 ISARC Academy

öğeleri yaşayarak öğrenmelerini sağlamıştır; kültürel farkındalık, kimlik bilinci ve kültürel süreklilik açısından önemli bir işlev üstlenmiştir.

KAYNAKÇA

Bayraktar, M., & Erol Çalışkan, Ş. S. (2024). Yeni müfredata uygun hazırlanan Türkçe ve edebiyat ders kitaplarında yer alan halk bilimi unsurları üzerine bir değerlendirme. *Bartın Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 95–109. https://doi.org/10.70916/buefd.1588915

Çençen, N., & Akça Berk, N. (2014). İlköğretim 6. ve 7. sınıf sosyal bilgiler programlarında Türk halk kültürü öğelerinin yeri ve önemi. *e-Kafkas Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 1(3), 13–25. https://doi.org/10.30522/e-kafkasead.204075

Elbay, S. (2022). A comparative analysis of middle school folk culture curriculums developed in Turkey. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(81), 61–75. https://doi.org/10.17755/esosder.972351

Kemiksiz, Ö. (2014). *Halk kültürü dersinin değer öğretimindeki yeri*. İçinde M. A. Yılmaz (Ed.), III. Türkiye Lisansüstü Çalışmalar Kongresi Bildiriler Kitabı (Cilt 1, s. 289–302). Yayınevi.

Kutlu, M. M. (2009). Somut olmayan kültürel mirasın korunmasında eğitime yönelik ilk adım: Halk kültürü dersi. *Millî Folklor*, 21(82), 13–18.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2006). *2006-2007 eğitim öğretim yılı ilköğretim seçmeli halk kültürü dersi öğretim programı.* Millî Eğitim Bakanlığı.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2018). *Halk kültürü dersi öğretim programı* (5, 6, 7 ve 8. sınıflar). Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Oğuz, M. Ö., Demir, B., & Yıldırım, S. (2005). Somut olmayan kültürel mirasın korunması sözleşmesi. *Millî Folklor*, 15(65), 163–171.

© 2026 ISARC Academy

İŞİTMEDEN ANLAMLANDIRMAYA: CUMHURİYET DÖNEMİ TÜRKÇE ÖĞRETİM PROGRAMLARINDA DİNLEME BECERİSİNİN DÖNÜŞÜMÜ

Şifa Hatun ŞAHİN

ORCID ID: 0000-0002-1925-4364

Karamanoglu Mehmetbey University, Faculty of Education, Department of Turkish Language Education, 70100 Merkez, Karaman

Cansu İrem SOLAK

ORCID ID: 0009-0001-1655-0969

Karamanoglu Mehmetbey University, Faculty of Education, Department of Turkish Language Education, 70100 Merkez, Karaman

Doç. Dr. Halil Erdem ÇOCUK

ORCID ID: 0000-0003-0027-4223

Karamanoglu Mehmetbey University, Faculty of Education, Department of Turkish Language Education, 70100 Merkez, Karaman

ÖZET

Bu araştırmada, Cumhuriyet Dönemi ortaokul Türkçe Dersi Öğretim Programlarında dinleme becerisinin ele alınışı tarihsel süreç içerisinde incelenmiştir. 1924, 1929, 1949, 1981, 2006, 2015 ve 2019 yıllarında hazırlanan Türkçe Öğretim Programları, dinleme becerisine yönelik amaçlar, kazanımlar ve uygulamalar açısından ele alınmıştır. Araştırmada, söz konusu programlar içerisinde dinleme becerisinin yeri, önemi ve zaman içerisinde uğradığı değişim ve ilerleme üzerinde durulmuştur.

Araştırmada nitel araştırma yaklaşımı benimsenmiş, doküman incelemesinden yararlanılmıştır. Elde edilen bilgiler tarihsel sıralama ile verilmiş, sınıf düzeylerine göre örnek kazanımlara yer verilmiştir. İnceleme sonucunda, Cumhuriyetin ilk yıllarında öğretim programlarında dinleme becerisinin sistematik bir biçimde ele alınmadığı, zamanla sonraki dönemlerde daha kapsamlı bir yapıya kavuştuğu görülmektedir. 1981 Programı daha önceki yıllara nispeten dinleme becerisi yönünden daha kapsamlı olması yönüyle dikkat çekmektedir. Yapılandırmacı öğretim anlayışı ile hazırlanan 2006 programında dinleme becerisine yönelik kazanım ve etkinliklere yer verildiği öne çıkmaktadır. 2015 ve 2019 yıllarına ait Türkçe Dersi Öğretim Programları ele alındığında, dinleme/izleme becerisinin diğer becerilerle birlikte değerlendirilmiş ve her sınıf düzeyinde kazanımlar aracılığıyla yapılandırılmıştır.

Yaşanan gelişim ile beraber dinleme becerisini yalnızca işitsel algılamaya dayalı bir etkinlik olmadığı, aynı zamanda anlamlandırma, çıkarım yapma, eleştirel değerlendirme ve söz varlığını geliştirme gibi bilişsel süreçleri içeren temel bir dil becerisi olarak değerlendirildiğini göstermektedir. Bu bağlamda, dinleme becerisinin diğer dil becerileriyle zaman içerisinde ele alınması ve öğretim sürecinde sistematik etkinliklerle desteklenmesi önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Cumhuriyet Dönemi, dinleme/izleme becerisi, ortaokul, Türkçe öğretim programları

© 2026 ISARC Academy

FROM HEARING TO MAKING SENSE: THE TRANSFORMATION OF LISTENING SKILLS IN TURKISH LANGUAGE CURRICULA DURING THE REPUBLICAN ERA

ABSTRACT

This study examines the historical evolution of how the listening skill has been addressed in Turkish language curricula for middle schools throughout the Republican era. The Turkish language curricula developed in 1924, 1929, 1949, 1981, 2006, 2015, and 2019 are analyzed in terms of their objectives, learning outcomes, and practices related to listening skills. The study focuses on the role and importance of listening skills within these curricula, as well as the changes and advancements they have undergone over time.

A qualitative research approach was adopted, utilizing document analysis. The findings are presented in chronological order, with sample learning outcomes provided for various grade levels. The analysis reveals that, in the early years of the Republic, listening skills were not addressed systematically within the curricula; however, they evolved into a more comprehensive structure in later periods. The 1981 curriculum is notable for being more extensive regarding listening skills compared to those of previous years. The 2006 curriculum, developed based on a constructivist pedagogical approach, stands out for its inclusion of specific learning outcomes and activities dedicated to listening skills. In the Turkish language curricula of 2015 and 2019, listening/viewing skills are evaluated in conjunction with other language skills and are structured through specific learning outcomes for each grade level.

This progression demonstrates that listening is no longer viewed merely as an activity based on auditory perception; rather, it is recognized as a fundamental language skill that encompasses cognitive processes such as making sense of information, drawing inferences, engaging in critical evaluation, and expanding one's vocabulary. In this context, it is important to address listening skills alongside other language skills over time and to support them through systematic activities within the instructional process.

Keywords: Republican Era, listening/viewing skills, middle school, Turkish language curricula

GİRİŞ

1923 yılında Türkiye Cumhuriyeti ilan edildiğinde ülkedeki okuma yazma oranı oldukça düşüktü. Bu nedenle dönemin hükümetleri öncelikli olarak ilkokul eğitimine özel önem vermiştir. 1923-1924 eğitim-öğretim yılında ülkede 4.770 ilkokul bulunurken, bu okullarda 337.618 öğrenci eğitim görmekteydi (Cicioğlu, 1985). Günümüzdeki ortaokulların karşılığı sayılabilecek okullar olan idadiler, 1869 yılında (Tanzimat Dönemi) kurulmuştur (Kaya, 1984). Cumhuriyetin ilanından sonra bu okullar ikiye ayrılmış; ilk kademesine ortamektep, ikinci kademesine ise lise adı verilmiştir. 1923-1924 döneminde ortaokul sayısı 72, öğrenci sayısı ise yalnızca 5.905'ti (Yücel, 1994).

Günümüzde ortaokul olarak adlandırılan öğretim kademesi Cumhuriyet'in ilk yıllarında liselerle birlikte değerlendirilmiş ve 'lise birinci devre' olarak adlandırılmıştır. 1923'teki Birinci Heyet-i İlmiye toplantısında genel olarak 'sultani' adı verilen ortaöğretim kurumları 'lise'lere dönüştürülmüş; bir ve iki devreli olmak üzere de ikiye ayrılmıştır. Günümüzdeki karşılığı ortaokul kademesi olan lise birinci devre, 1924 yılındaki İkinci Heyet-i İlmiye toplantısında bağımsız ortaokullara dönüştürülmüştür (Özbay, 2006).

1. 1924 LİSE BİRİNCİ DEVRE MÜFREDAT PROGRAMI

1923 yılında Cumhuriyet ilan edildiğinde ülkedeki okuma yazma oranı oldukça düşüktü ve öncelik ilkokul eğitimindeydi. Dolayısıyla okuma ve yazma becerileri daha ön plana çıkmıştır.

1924 yılına ait öğretim programında dinleme becerisine yönelik herhangi bir açıklama konmamıştır.

2. 1929 ORTAMEKTEP TÜRKÇE PROGRAMI

© 2026 ISARC Academy

Bu dönemde ortaöğretim okulları, "ortaokul" ve "lise" diye henüz kesin çizgilerle ayrılmadığı için müfredat programları da ortak hazırlanmıştır.

1 Kasım 1928 tarihinde yeni alfabenin kabul edilmesinin ardından Türkçe programında yeni bir düzenlemeye gidilmiştir. 1929 genel amaçlarıyla öncelikli hedeflerini anlatım çalışmaları (sözlü ve yazılı); okuma alışkanlığı ve zevki kazandırma; edebi zevk anlayışını yükseltme öğrencilerin seçecekleri mesleklerde başarılı olmaları için onları hazırlama; millî ve ahlaki olumlu değerler kazandırma olarak belirlemiştir (Coşkun, 2007).

1929 Müfredat Programında ortaokul Türkçe ve lise edebiyat programlarının temelde aynı olduğu düşüncesiyle bir bütün olarak ele alınmış ve tek bir adda Türkçe dersi olarak verilmiştir.

1929-1930 Türkçe programı, 1928 harf inkılabından sonra, o günün şartları içerisinde hazırlanan ilk programdır. 1929-1930 yılında hazırlanıp yayınlanan Türkçe öğretimi programı, dil ve edebiyat öğretimi bütüncül yaklaşımla ele almıştır. 1945'te yapılan program ve ders kitabında Türkçe öğretiminde ilk ve ortaokul düzeylerinin birbirini bütünlemesine önem verilmiş, lise düzeyindeki edebiyat dersleri farklı düşünülmüştür.

Türkiye Büyük Millet Meclisince 1 Kasım 1928'de kabul edilen bu alfabe, o ders yılı okullarda öğretilmiştir. Ders kitapları bu alfabe ile yazılmıştır. Yeni alfabeyle yazım kılavuzu olarak, Millî Eğitim Bakanlığında kurulan Dil Encümeni'nce hazırlanmış olan "İmla Lügatı" kullanılmıştır. 1929 yılı okul programları Türkçenin ana dili olarak benimsenmesi bakımından ayrıca önem taşımaktadır. Dil öğretim etkinlikleri bu anadil göz önünde bulundurularak, öğrencilere düşünme alışkanlığı kazandıracak nitelikte düzenlenmesi, konuşma ve yazma becerilerinin bütünlük içinde geliştirilmesi ve anadilinin doğru kullanılması gündeme getirilmiştir (Topbaş, 1998).

Dinleme becerisine özel bir açıklama programda yer almamıştır. Programın açıklamalar kısmında öğrencinin kendini sözlü ve yazılı olarak ifade etmesine önem verilmiş, okumanın ise özellikle edebî yönü üzerinde durulmuştur. Başlıca gaye olarak ise; Ancak Türkçe dersinin başlıca gayeleri başlığı altında "talebede dinlediği parçalar üzerinde düşünme ve estetik değerini takdir etme kabiliyetini inkişaf ettirmek" ifade edilmiş, dinleme becerisine yönelik bir amaç konmuştur (Çiftci ve Soyuçok, 2018).

3. 1949 ORTAOKUL TÜRKÇE PROGRAMI

'Amaçlar ve Açıklamalar' bölümlerinde özellikle anlama ve anlatım üzerinde durulmuş, anlamaya ve anlatmaya yönelik metinlerle öğrencilere dil sevgisi, okuma alışkanlığı kazandırma, milli duyguların ve hayata yönelik davranışların kazandırılması amaçlanmıştır. Okuma çalışmalarında ise okuduğu metni anlama, sesli ve sessiz okuma, okuma ilgi ve alışkanlığını kazandırma, kitap sevgisini aşılama amaçlanmış, böylece metin incelemelerine dikkat edilmesine önem verilmiştir. Söz yazıyla ifade bölümünde ise genel olarak anlatım çalışmaları yer almıştır. Bu bölümde konuşma ve yazma eğitiminin yöntem ve içeriği anlatılmış, özellikle plan kavramı, düzgün konuşma ve diksiyon, dinlemeyi bilme, yazılı ifadeyi geliştirme yolları, imla, kelime hazinesini çoğaltma çalışmaları üzerinde durulmuştur (Temizyürek, Balcı, 2006)

1949 ortaokul Türkçe programına ait bazı kazanım örnekleri aşağıda verilmiştir:

"Söz ile ifade edilen düşünceleri, duyguları iyi ve doğru anlamak."

"Söyleyenleri sonuna kadar dinlemelidir."

"Başkalarının fikirlerine kendilerininkilere uymasa da saygı göstermelidir."

"Başkasının okuduğu bir parçadan ana fikri çıkarmak."

Bu kazanımları dinleme/izleme becerisi ile ilişkilendirebiliriz.

4. 1981 İLKÖĞRETİM OKULLARI TÜRKÇE EĞİTİM PROGRAMI

1981 Programında dinleme bir dil becerisi olarak ele alınmıştır. Program temel öğrenme alanları anlama ve anlatma olarak iki bölüme ayrılmıştır. Anlama temel öğrenme alanında "Dinleme ve İzleme Tekniği

© 2026 ISARC Academy

Bakımından" başlığı ile dinlemeye yönelik öğrenciye kazandırılacak davranışlar, dinleme süreleri, sınıf düzeylerine göre sıralanmıştır.

6. sınıfta 25-30 dakika kesintisiz dinleme/izleme kapasitesi, 7. sınıfta 30-35 dakika kesintisiz dinleme/izleme kapasitesi ve 8. sınıfta 35-40 dakika kesintisiz dinleme/izleme kapasitesi beklenmektedir. Bu süreler zarfında bir konuşmayı, konferansı dinleyebilmek, radyo ve televizyon yayını izleyebilmek, bir sınıf içi tartışmayı dinleyip izleyebilmek, sınıf düzeyine hitap eden bir filmi, röportajı, oyunu, müsamereyi izleyebilmek gerekli görülmüştür. Dinledikleri ve izlediklerinden yola çıkarak ana ve yardımcı fikirleri, sebep sonuç ilişkisini, kişileri, karakterlerin özelliklerini belirleyebilmesi de beklenmiştir.

1979 yılında ilkokullar ve ortaokullar birleştirilmiştir. 1981 İlköğretim Okulları Türkçe Eğitim Programı hayata geçirilmiştir. Program, "Genel Amaçlar, Açıklamalar, İlkokuma - Yazma, Anlama, Anlatım, Dil bilgisi, Yazı, Yöntem, Araç ve Gereçler, Ölçme ve Değerlendirme" bölümlerinden oluşmaktadır. Programın birinci ve ikinci kademe bölümleri ayrı ayrı düzenlenmiştir. 1981 programı daha önceki programlara göre daha kapsamlıdır ve 2005 yılına kadar kullanılan bir program olmuştur.

Program dinleme becerisini bir dil becerisi olarak ele alınmış ve ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır. Dinleme becerisi, "dinleme/izleme" adıyla nitelendirilmiştir. Programda dinleme/izlemede becerisine yönelik 5 amaç ve 42 kazanım yer almıştır. Programın genel amaçları dinleme kurallarını uygulama; anlama ve çözümleme, değerlendirme ve söz varlığını zenginleştirmedir. Bu amaçların nihayetinde öğrencilere etkili dinleme/izleme alışkanlığı kazandırmak istenmiştir. 6, 7 ve 8. sınıflar için kazanımların düzeyleri belirlenmemiş ve kazanımların işlenmesi öğretmene bırakılmıştır. Türkçe öğretmenin bu konuda öğretmen kılavuz kitabından yararlanabileceği belirtilmiştir. Uygulanan önceki programlardan farklı olarak her temada bir tane dinleme metni yer alması planlanmıştır. Öğrencinin eleştirel dinleme yapması beklenmiştir. Dinlediklerinden hareketle kelime hazinesinin zenginleştirilmesi amaçlanmıştır. Dinleme türlerine yönelik bir ayrım gözetilmiştir. Programda dinleme/izlemeye yönelik (katılımsız, katılımlı, seçici, not alarak, empatik, eleştirel, yaratıcı dinleme) yedi yöntem ve teknik yer almıştır. Ayrıca programda dinleme becerisini geliştirici etkinlik örnekleri yer almıştır.

Türkiye'de davranışçı yaklaşım bağlamında hazırlanan hiçbir Türkçe dersi öğretim programında dinleme becerisine yönelik kazanımlara yer verilmezken ilk defa 1981 Türkçe Dersi Eğitim Programında (TDEP) dinleme becerisine ilişkin kazanımlara yer verilmiştir.

Bu yönüyle 1981 TDEP dinleme eğitimi açısından özel bir öneme sahiptir. Zira dünyada uzun yıllar ihmal edilmiş bir dil becerisi olarak nitelendirilen dinleme becerisinin (Çiftçi, 2001) eğitimine yönelik faaliyetler ülkemizde ilk defa bu program ile ilköğretim okulları bütün sınıf düzeylerinde sistematik olarak başlatılmıştır (Çarkıt, 2021).

5. 2006 İLKÖĞRETİM TÜRKÇE (6-8. SINIF) DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMI

2006 İlköğretim Türkçe Dersi (6, 7, 8. Sınıflar) Öğretim Programı, "genel amaçlar, temel beceriler, öğrenme alanları ile dil bilgisi ve bu öğrenme alanlarına yönelik oluşturulmuş kazanımlar, etkinlik örnekleri ile açıklamalar"dan meydana gelmektedir. Programın amaç ve kazanımlarının yer aldığı bölümde 6, 7 ve 8. sınıflar için "dinleme/izleme, konuşma, okuma ve yazma" beceri alanlarına yönelik kazanımlar ortak olarak yer alırken, "dil bilgisi"ne yönelik kazanımlar ise her bir sınıf için özel olarak oluşturulmuştur.

Cumhuriyetten günümüze hazırlanan öğretim programlarından en köklü değişiklikler içeren program 2006 Türkçe Öğretim Programıdır. Yapılandırmacı öğretim anlayışına göre hazırlanan program oldukça detaylı hazırlanmıştır. Programda okuma, dinleme, yazma ve konuşma dil becerileri olarak ifade edilmiş her bir beceri için öğrencilere kazandırılması planlanan kazanımlar belirtilmiştir. Hedef, içerik, ölçme ve değerlendirme başlıkları ile programın diğer unsurları da açıklanmıştır. Dil becerilerinin öğretimi sürecinde kullanılabilecek etkinlik örnekleri gösterilmiştir. 2015 ve 2019 yıllarındaki Türkçe Dersi Öğretim Programları 2006 yılındaki öğretim programının öğretim felsefesine ve bakış açısına göre yenilenmiştir. 2015 ve 2019 yıllarındaki programların özü 2006 yılındaki programın güncel halidir.

© 2026 ISARC Academy

"Dinleme/İzleme" öğrenme alanının amaçlarından olan "Söz varlığını zenginleştirme" doğrudan söz varlığının geliştirilmesine yönelik bir amaçtır. Bu amacın kazanımları ise aşağıdaki gibidir:

"Dinlediklerinde/izlediklerinde geçen kelime, deyim ve atasözlerini cümle içinde kullanır."

"Dinlediklerinden/izlediklerinden hareketle yeni öğrendiği kelimelerden sözlük oluşturur."

"Dinlediklerindeki/izlediklerindeki anahtar kelimeleri fark eder."

"Şiir, türkü, şarkı türlerinde metinler ezberler."

"Dinlediklerinde/izlediklerinde geçen olayların gelişimi ve sonucu hakkında tahminde bulunur."

"Dinlediklerinde/izlediklerinde geçen, bilmediği kelimelerin anlamını tahmin eder."

"Dinlediklerinin/izlediklerinin içeriğini değerlendirir."

"Dinledikleri/izlediklerine yönelik sorulara cevap verir."

"Dinlediklerinde/izlediklerinde geçen olayların gelişimi ve sonucu hakkında tahminde bulunur."

"Dinlediklerinde/izlediklerinde geçen olayların gelişimi ve sonucu hakkında tahminde bulunur."

"Dinlediklerinde/izlediklerinde tutarlılığı sorgular."

"Dinledikleri/izledikleri medya metinlerini değerlendirir."

"Dinleme stratejilerini uygular."

2012 yılında 4+4+4 eğitim modeline geçilmesi ile 5. sınıflar ortaokul düzeyine dahil edilmiştir. Dolayısıyla 2009 yılında yayımlanan İlköğretim Türkçe Dersi Öğretim Programı ve Kılavuzu (1-5. Sınıflar) 2015 yılında hazırlanacak yeni programa kadar ortaokul 5. sınıflar için uygulanmıştır. 2015 ve 2019 yıllarındaki programlarda 5. sınıflar ortaokul düzeyinde kabul edilmiş hazırlanan öğretim programları bunu dikkate alınarak hazırlanmıştır.

6. 2015 TÜRKÇE DERSİ (1-8. SINIFLAR) ÖĞRETİM PROGRAMI

2015 yılındaki ortaokullar için hazırlanan öğretim programında 5. sınıflar dikkate alınarak hazırlanmıştır. Programda okuma, yazma ve sözlü iletişim becerileri üç öğrenme alanı olarak belirtilmiştir. Dinleme ve konuşma becerileri sözlü iletişim öğrenme alanı içinde ifade edilmiştir. Kazanımlar sınıf düzeylerine göre sıralanmıştır. Programda dinleme kurallarını uygulama, dinlenilenleri doğru ve tam anlayabilmeleri amaçlanmıştır. Bu amaçla öğrencilerin dinlediklerini zihninde canlandırma, dinlediklerinin konusunu ve ana fikrini belirleme, dinlediklerinden hareketle ilişki kurma, sınıflama, tahmin etme, özetleme, sorgulama, çıkarımlar yapma ve değerlendirme becerisi kazandırmak istenmiştir.

Öğrencilerin dinlediklerini iyi anlaması ve zihninde yapılandırması üzerinde dikkatle durulmuştur.

Ortaokul sınıfları için 17 dinleme kazanımı yer almıştır. Programda 5 ve 6. sınıf düzeyinde 12, 7 ve 8. sınıf düzeyinde 14 dinleme/izleme kazanımı yer almıştır.

Programın temel hedefleri olarak şunlar söylenebilir:

"Dinleme stratejilerini uygular."

"Dinlediklerinin/izlediklerinin konusunu, ana fikrini/duygusunu belirler."

"Dinlediklerine/izlediklerine yönelik tahminde bulunur, soruları cevaplar ve farklı başlıklar önerir."

7. 2019 TÜRKÇE DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMI (İLKOKUL VE ORTAOKUL 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 VE 8. SINIFLAR)

1739 sayılı Millî Eğitim Temel Kanununda ifade edilen Türk Millî Eğitiminin Genel Amaçları ve Temel İlkeleri doğrultusunda hazırlanan Türkçe Dersi Öğretim Programı ile öğrencilerin; dinleme/izleme, konuşma, okuma ve yazma becerilerinin geliştirilmesi, Türkçeyi, konuşma ve yazma kurallarına uygun olarak bilinçli, doğru ve özenli kullanmalarının sağlanması, okuduğu, dinlediği/izlediğinden hareketle,

© 2026 ISARC Academy

söz varlığını zenginleştirerek dil zevki ve bilincine ulaşmalarının; duygu, düşünce ve hayal dünyalarını geliştirmelerinin sağlanması amaçlanmıştır (MEB, 2019, s.10).

2019 TDÖP'te dinleme/izleme, konuşma, okuma ve yazma olmak üzere dört öğrenme alanı esas alınmıştır. Okuma öğrenme alanı akıcı okuma, söz varlığı, anlama olmak üzere üç alt başlık altında verilmiştir. Dinleme/izleme, konuşma ve yazma öğrenme alanlarıysa alt başlıklara ayrılmadan her sınıfın düzeyine göre kazanımlar verilmiştir. Dil bilgisi ayrı bir öğrenme alanı olarak ele alınmamış olup bu alanla ilgili kazanımlar diğer becerilerle ilişkilendirilmiştir (Aydın ve Kaya, 2024).

2019 Türkçe öğretim programında beşinci sınıf ve altıncı sınıf seviyesinde dinleme becerisine yönelik 12, yedinci sınıf ve sekizinci sınıf seviyesinde ise dinleme becerisine yönelik 14 kazanım yer almaktadır.

2019 TDÖP'te öğrenme alanları kazanım sayıları açısından incelendiğinde, 1. sınıftan 8. sınıfa kadar dinleme/izleme becerisinde 97 kazanıma yer verilmiştir.

2019 TDÖP'te tüm sınıf düzeylerinde 8 tema ve her temada 4 metin kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Bu metinlerden 3'ü okuma metni, 1'i de dinleme / izleme metnidir. Bir yıl boyunca kitapta kullanılacak metin türü toplam 32 okuma ve dinleme metnidir (Aydın ve Kaya, 2024).

BULGULAR

Bu bölümde, Cumhuriyet Dönemi ortaokul Türkçe öğretim programlarında dinleme becerisinin tarihsel süreç içerisindeki gelişimine ilişkin bulgular sunulmuştur. Araştırma kapsamında incelenen 1924, 1929, 1949, 1981, 2006, 2015 ve 2019 yıllarına ait öğretim programları; dinleme becerisinin programdaki konumu, amaç ve kazanımları, öğretim uygulamaları ile bilişsel ve iletişimsel boyutları açısından karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular dört tema altında düzenlenmiştir.

a) Dinleme Becerisinin Öğretim Programlarındaki Konumunun Tarihsel Değişimine İlişkin Bulgular

İncelenen öğretim programlarında dinleme becerisinin konumunun tarihsel süreç içerisinde değiştiği belirlenmiştir. Cumhuriyetin ilk yıllarında dinleme becerisine yönelik düzenlemelerin sınırlı olduğu, sonraki programlarda ise bu becerinin daha belirgin bir öğretim alanı olarak ele alındığı görülmüştür. Öğretim programlarında dinleme becerisinin konumuna ilişkin bulgular Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Cumhuriyet Dönemi Türkçe Öğretim Programlarında Dinleme Becerisinin Konumu

Program	**Dinleme becerisinin programdaki konumu**
1924	Dinleme becerisine yönelik açık bir düzenleme bulunmamaktadır.
1929	Bağımsız bir öğrenme alanı olarak düzenlenmemiş, genel amaçlar içerisinde dinlenen metinler üzerinde düşünme ve estetik değerlendirme ile ilişkilendirilmiştir.
1949	Anlama ve sözlü anlatım çalışmaları kapsamında dinleme davranışlarına yer verilmiştir.
1981	Anlama öğrenme alanı içerisinde "Dinleme ve İzleme Tekniği Bakımından" başlığı altında ele alınmıştır.
2006	Dinleme/izleme, temel dil becerilerinden biri ve ayrı bir öğrenme alanı olarak düzenlenmiştir.
2015	Dinleme ve konuşma becerileri "Sözlü İletişim" öğrenme alanında birleştirilmiştir.
2019	Dinleme/izleme, dört temel öğrenme alanından biri olarak yapılandırılmıştır.

Bu bulgular, dinleme becerisinin öğretim programlarında örtük biçimde yer verilen bir dil etkinliğinden, öğretim hedefleri ve kazanımları tanımlanmış bir beceri alanına doğru geliştiğini göstermektedir.

b) Dinleme Becerisine Yönelik Amaç ve Kazanımların Dönüşümüne İlişkin Bulgular

Öğretim programlarında dinleme becerisine yönelik amaç ve kazanımlar incelendiğinde, dinlemeden beklenen öğrenci davranışlarının zaman içerisinde çeşitlendiği belirlenmiştir. İlk programlarda

© 2026 ISARC Academy

dinlenenleri anlama ve dinleme kurallarına uyma üzerinde durulurken sonraki programlarda anlam kurma, çıkarım yapma, değerlendirme ve dinleme stratejilerini kullanma gibi becerilere yer verilmiştir.

Bu bulgular, dinleme becerisine yönelik amaç ve kazanımların dinleme davranışlarını düzenleme ve dinlenenleri doğru anlama ekseninden, öğrencinin dinlediği içeriği zihinsel olarak işlediği, yorumladığı ve değerlendirdiği bir yapıya doğru genişlediğini ortaya koymaktadır.

c) Dinleme Öğretiminde Yöntem, Teknik ve Uygulamaların Gelişimine İlişkin Bulgular

İncelenen programlarda dinleme öğretiminin uygulama boyutunun tarihsel süreç içerisinde değiştiği görülmüştür. 1924, 1929 ve 1949 programlarına ilişkin inceleme metninde dinleme öğretimine özgü yöntem ve tekniklerin sistematik bir sınıflandırması bulunmamaktadır. Bu programlarda dinleme, ağırlıklı olarak metinlerin anlaşılması ve sözlü iletişim davranışlarıyla ilişkilendirilmiştir.

1981 Programında dinleme/izleme becerisinin öğretimine ilişkin uygulamaların daha ayrıntılı biçimde açıklandığı belirlenmiştir. Öğrencilerin konuşma, konferans, radyo ve televizyon yayını, sınıf içi tartışma, film, röportaj ve oyun gibi farklı içerikleri dinlemeleri veya izlemeleri öngörülmüştür. Bunun yanında sınıf düzeylerine göre kesintisiz dinleme süreleri belirlenmiştir.

2006 Programında dinleme öğretiminin yöntem ve teknik boyutunun daha belirgin hâle geldiği görülmektedir. Programda dinleme stratejilerinin kullanılması, dinlenen metinlerin değerlendirilmesi ve dinleme sürecinde öğrencinin etkin katılımının sağlanması üzerinde durulmuştur. Dinleme becerisinin öğretimi için etkinlik örneklerinin sunulması, programın uygulama boyutunu güçlendiren düzenlemeler arasında yer almaktadır.

2015 Programında dinleme stratejilerinin uygulanmasına ve dinlenenlerin zihinde yapılandırılmasına yönelik kazanımlar yer almıştır. 2019 Programında ise dinleme/izleme metinlerinin temalar içerisinde düzenli biçimde kullanılması öngörülmüştür. Bu programda her sınıf düzeyinde sekiz tema ve her temada bir dinleme/izleme metnine yer verilmesi, dinleme öğretiminin ders materyalleriyle ilişkilendirilmesine yönelik bir düzenleme olarak belirlenmiştir.

Özellikle 1981 Programında dinleme süresi ve dinleme ortamlarının tanımlanması, 2006 Programında etkinlik ve strateji kullanımının öne çıkarılması, 2019 Programında ise dinleme metinlerinin temalarla ilişkilendirilmesi dikkat çekmektedir.

d) Dinleme Becerisinin Bilişsel ve İletişimsel Boyutlarının Dönüşümüne İlişkin Bulgular

Öğretim programları dinleme becerisinin bilişsel ve iletişimsel boyutları açısından incelendiğinde, dinlemenin zaman içerisinde daha geniş bir beceri çerçevesinde ele alındığı belirlenmiştir. Programlarda dinlemeye ilişkin beklentiler, dinleme kurallarına uyma ve dinlenenleri anlama davranışlarından, dinlenen bilgileri çözümleme, ilişkilendirme, yorumlama ve değerlendirme süreçlerine doğru çeşitlenmiştir.

Tablo 2. Öğretim Programlarında Dinleme Becerisinin Öne Çıkan Bilişsel ve İletişimsel Boyutları

Program	**Öne çıkan boyutlar**
1924	Dinlemeye özgü açık bir beceri tanımlanmamıştır.
1929	Dinlenen metinler üzerinde düşünme, estetik değerlendirme
1949	Doğru anlama, ana fikri belirleme, dinleme kurallarına uyma, farklı görüşlere saygı
1981	Ana ve yardımcı fikirleri belirleme, neden-sonuç ilişkisi kurma, kişi ve karakterleri çözümleme
2006	Tahmin etme, anlamlandırma, söz varlığını geliştirme, strateji kullanma, değerlendirme
2015	Zihinde canlandırma, sınıflama, özetleme, sorgulama, çıkarım yapma, değerlendirme
2019	Dinlediğini anlama, söz varlığını geliştirme, dinleme/izleme kazanımlarını sınıf düzeyine göre gerçekleştirme

© 2026 ISARC Academy

Tablo 2 incelendiğinde, 1929 Programında dinlenen metinler üzerinde düşünme ve estetik değerlendirme yapmanın öne çıktığı görülmektedir. 1949 Programında ise dinleme becerisinin iletişimsel yönüne ilişkin düzenlemeler belirginleşmiştir. Konuşmacıyı sonuna kadar dinleme ve farklı görüşlere saygı gösterme gibi davranışlar, dinlemenin kişiler arası iletişim bağlamında değerlendirildiğini göstermektedir.

1981 Programında dinleme becerisinin bilişsel boyutuna yönelik beklentilerin çeşitlendiği belirlenmiştir. Dinlenen metinlerde ana ve yardımcı fikirleri belirleme, neden-sonuç ilişkilerini kurma ve karakter özelliklerini çözümleme gibi davranışlar, öğrencilerin dinledikleri bilgileri anlamlandırmalarını gerektiren süreçlerdir.

2006 ve 2015 programlarında dinlemenin bilişsel boyutu daha kapsamlı biçimde ele alınmıştır. Bu programlarda tahmin etme, sorgulama, çıkarım yapma, özetleme ve değerlendirme gibi beceriler ön plana çıkmıştır. 2019 Programında da dinleme/izleme becerisinin anlamlandırma ve söz varlığını geliştirme süreçleriyle ilişkilendirildiği, kazanımların sınıf düzeylerine göre düzenlendiği belirlenmiştir.

Bulgular bütüncül olarak değerlendirildiğinde, Cumhuriyet Dönemi Türkçe öğretim programlarında dinleme becerisinin bilişsel ve iletişimsel kapsamının zaman içerisinde genişlediği görülmektedir. İlk dönem programlarında dinlemeye ilişkin beklentiler daha sınırlı biçimde ifade edilirken sonraki programlarda dinlenen bilgileri anlama, çözümleme, ilişkilendirme, sorgulama ve değerlendirme süreçleri daha belirgin hâle gelmiştir. Bu değişim, dinlemenin öğretim programlarında anlam kurma ve bilgiyi değerlendirme süreçlerini içeren temel bir dil becerisi olarak yapılandırıldığını göstermektedir.

SONUÇ

Bu araştırmada, Cumhuriyet Dönemi ortaokul Türkçe öğretim programlarında dinleme becerisinin tarihsel gelişimi 1924, 1929, 1949, 1981, 2006, 2015 ve 2019 yıllarında hazırlanan öğretim programları üzerinden incelenmiştir. İnceleme sonucunda dinleme becerisinin Cumhuriyetin ilk yıllarında öğretim programlarında sınırlı biçimde ele alındığı, ilerleyen dönemlerde ise amaçları, kazanımları ve öğretim uygulamaları belirlenmiş bağımsız bir dil becerisi hâline geldiği görülmüştür.

1924 Lise Birinci Devre Müfredat Programında dinleme becerisine ilişkin herhangi bir açıklamaya yer verilmemiştir. Bu dönemde Türkçe öğretiminde okuma ve yazma becerileri ön plana çıkmıştır.

1929 Ortamektep Türkçe Programında dinleme becerisi bağımsız bir öğrenme alanı olarak düzenlenmemekle birlikte öğrencilerin dinledikleri metinler üzerinde düşünmeleri ve bu metinlerin estetik değerlerini kavramaları amaçlanmıştır. Böylece dinleme, metinleri anlama ve değerlendirme süreçleriyle ilişkilendirilmeye başlanmıştır. 1949 Ortaokul Türkçe Programında ise dinleme becerisine yönelik açıklamalar daha belirgin hale gelmiştir. Sözlü olarak ifade edilen düşünce ve duyguları doğru anlama, konuşmacıyı sonuna kadar dinleme, başkalarının görüşlerine saygı gösterme ve dinlenen metnin ana fikrini belirleme gibi davranışlara yer verilmiştir. Bu dönemde dinlemenin anlama becerisi ve iletişim kuralları çerçevesinde değerlendirildiği anlaşılmaktadır.

1981 İlköğretim Okulları Türkçe Eğitim Programı, dinleme becerisinin öğretim programlarındaki gelişimi açısından önemli bir dönüm noktası oluşturmuştur. Dinleme/izleme, anlama öğrenme alanı içerisinde ele alınmış; öğrencilerin sınıf düzeylerine göre dinleme süreleri, dinleme sırasında gerçekleştirmeleri beklenen davranışlar ve dinlediklerini anlamlandırmaya yönelik beceriler ayrıntılı biçimde açıklanmıştır. Dinlenen metinlerde ana ve yardımcı fikirleri belirleme, neden-sonuç ilişkilerini kurma, kişileri ve olayları çözümleme gibi bilişsel süreçlere yer verilmesi, dinlemenin sistematik biçimde öğretilebilen bir beceri olarak ele alınmaya başladığını göstermektedir.

2006 İlköğretim Türkçe Dersi Öğretim Programı'nda yapılandırmacı öğretim anlayışının benimsenmesiyle dinleme/izleme becerisinin öğretimine yönelik daha kapsamlı bir düzenleme yapılmıştır. Dinleme, temel dil becerilerinden biri olarak tanımlanmış; bu beceriye ilişkin amaçlar, kazanımlar ve etkinlik örnekleri programda belirginleştirilmiştir. Dinleme stratejilerinin kullanılması, dinlenenlerin değerlendirilmesi, çıkarım yapılması, tahminde bulunulması ve söz varlığının

© 2026 ISARC Academy

geliştirilmesi gibi süreçlere önem verilmiştir. Böylece dinleme öğretiminde öğrencinin bilgiyi anlamlandıran, yorumlayan ve değerlendiren etkin bir dinleyici olarak yetiştirilmesi hedeflenmiştir.

2015 Türkçe Dersi Öğretim Programında dinleme ve konuşma becerileri sözlü iletişim öğrenme alanı altında birleştirilmiş, kazanımlar sınıf düzeylerine göre düzenlenmiştir. Dinlenenlerin zihinde canlandırılması, ana fikrin belirlenmesi, özetlenmesi, sorgulanması, yorumlanması ve değerlendirilmesi gibi üst düzey bilişsel süreçler ön plana çıkarılmıştır.

2019 Türkçe Dersi Öğretim Programında ise dinleme/izleme yeniden dört temel öğrenme alanından biri olarak yapılandırılmıştır. Her sınıf düzeyi için belirlenen kazanımlarla dinleme becerisinin gelişimsel olarak desteklenmesi amaçlanmış, temalar içerisinde dinleme/izleme metinlerine düzenli biçimde yer verilmesi öngörülmüştür. Bu düzenleme, dinleme öğretiminin programın içerik ve uygulama boyutlarıyla ilişkilendirilmesi bakımından önem taşımaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Cumhuriyet Dönemi Türkçe öğretim programlarında dinleme becerisinin işitsel uyaranları alma ve dinleme kurallarına uyma anlayışından, anlam kurma, çıkarım yapma, sorgulama ve eleştirel değerlendirme süreçlerini kapsayan bilişsel bir beceri anlayışına doğru geliştiği sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKÇA

Aydın, E. (2017). Türkçe dersi öğretim programlarının (2015 ve 2017) değerlendirilmesi. *Turkish Studies*, *12*(28), 41–66. https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.12476

Aykaç, B. (2023). 2019 Türkçe Dersi Öğretim Programı Ortaokul Kazanımlarının Anahtar Yetkinlikler Açısından İncelenmesi. *Uluslararası Sosyal Bilimler Akademi Dergisi*, 11, 69-87. https://doi.org/10.47994/usbad.1238319

Bulut, K. (2019). 2006 ve 2018 Türkçe Dersi Öğretim Programlarinin Karşılaştırılmalı Olarak Değerlendirilmesi. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi, 23*(3), 862-881. https://izlik.org/JA59LJ56XK

Çarkıt, C. (2021). 1981 ve 2019 Türkçe Dersi Öğretim Programlarinin Dinleme Eğitimi Açisindan Karşılaştırılması. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi, 25*(3), 827-838. https://izlik.org/JA57ZY35FC

Çifci, M., & Soyuçok, M. (2018). Ortaokul Türkçe Öğretim Programlarının İşlevsel Okuma Açısından İncelenmesi (1924-2015). *International Journal of Languages' Education and Teaching, 6*(4), 455-476. https://izlik.org/JA95TN97FM

Kaya, M., & Aydın, E. (2024). 2019 Türkçe Dersi Öğretim Programı ile 2024 Türkçe Dersi Öğretim Programı'nın Karşılaştırılması. Harran Maarif Dergisi, 9(1), 108-146. https://doi.org/10.22596/hej.1482003

Uzun, O., Aytan, T., & Ungan, S. (2022). Türkçe Ders Kitaplarında Yer Alan Dinleme/İzleme Metni ve Etkinliklerinin Türkçe Öğretim Programı Doğrultusunda İncelenmesi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi, 13,* 366-401. https://doi.org/10.21733/ibad.1132465

Yıldız, Ü., & Asma, B. (2020). Cumhuriyet dönemi Türkçe dersi öğretim programlarında (1924-2018) dil becerilerinin öğretiminde kullanılan tekniklerin incelenmesi. *Kastamonu Education Journal*, *28*(3), 1168–1180. https://doi.org/10.24106/kefdergi.3642

© 2026 ISARC Academy

İŞYERİ NEZAKETSİZLİĞİNİN ÇALIŞANLARIN PSİKOLOJİK SAĞLIĞI MOTİVASYONU VE GÖREV PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Dr. Cihan KARA

Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük

ORCID ID: 0000-0002-8230-810X

ÖZET

Günümüz organizasyonlarında fiziksel şiddet ya da açık hakaret içermediği için çoğu zaman göz ardı edilen, ancak sürekliliği ve yaygınlığı nedeniyle kurumsal iklimi içten içe çürüten işyeri nezaketsizliği, çalışanların günlük iş yaşamlarında karşılaştıkları kaba, saygısız ve dışlayıcı olumsuz davranış biçimleri olup çalışanlar üzerinde çeşitli psikolojik ve davranışsal etkiler yaratmaktadır. İşyeri nezaketsizliği, genel olarak kolektif normları ihlal eden ve sosyal ya da politik aktörler arasındaki işbirliğini engelleyen davranışlar olarak tanımlanmaktadır. Bu kavram, işyerinde karşılıklı saygı ve uyumun bozulmasına yol açan çeşitli olumsuz tutum ve davranışları kapsar. Bu çerçevede, nezaketsizlik yalnızca bireysel düzeyde değil, aynı zamanda kurumsal ve toplumsal düzeyde de ortaya çıkabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, çalışanların üstlerinden, çalışma arkadaşlarından ya da müşterilerden maruz kaldıkları iş yeri nezaketsizliği deneyimlerinin; psikolojik sağlık, motivasyon, görev performansı ve kurumsal bağlılık düzeyleri üzerindeki çok boyutlu etkilerini incelemeye yönelik, literatür tarama yöntemiyle yapılmıştır. Araştırmada elde edilen bulgulara göre Nezaketsizliğin kaba davranış, hoşgörüsüzlük ve toksisite gibi çeşitli türleri, çalışanlarda olumsuz duygusal durumların, kaygı ve savunmacı davranışların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu durum, çalışanların psikolojik yıpranmasını artırmakta ve iş performansında dolaylı düşüşlere neden olmaktadır. Ayrıca, motivasyon ve kişisel başarı duygusu üzerinde de olumsuz etkiler gözlemlenmekte, iş tatmini ve kurumsal bağlılık zayıflamaktadır. Teknolojik stres ve örgütsel dinamiklerle birleşen nezaketsizlik, tükenmişlik sendromunun yaygınlaşmasına ve çalışanlarda stres düzeylerinin artmasına sebep olmaktadır. Bu süreç, işten ayrılma niyetlerinin güçlenmesine ve devamsızlık oranlarının yükselmesine katkı sağlamaktadır. Takım dinamiklerinde ise çatışmaların artması, kişilerarası süreçlerin bozulması ve geri bildirim mekanizmalarının zayıflaması, takım motivasyonunu ve genel performansı olumsuz etkilemektedir. Nezaketsizliğin önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için eğitim modülleri, farkındalık çalışmaları, açık iletişim kanalları, politika geliştirme ve düzenli değerlendirme geri bildirim mekanizmalarının oluşturulması gerekmektedir. Bu tür müdahaleler, hem bireysel hem de kurumsal düzeyde daha sağlıklı, verimli ve sürdürülebilir bir çalışma ortamının inşasına katkı sağlayacaktır. Çalışma, organizasyonlardaki bu görünmez toksisite zincirlerini kırmak, çalışan psikolojik sağlığını korumak ve örgütlerde sürdürülebilir bir performans iklimi inşa etmek adına insan kaynakları profesyonellerine ve yöneticilere insan odaklı pratik öneriler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İşyeri Nezaketsizliği, Çalışan Motivasyonu, Psikolojik Sağlık, Örgüt.

THE EFFECTS OF WORKPLACE INCIVILITY ON EMPLOYEES'S PSYCHOLOGICAL WELL-BEING MOTİVATİON AND TASK PERFORMANCE

ABSTRACT

Workplace incivility often overlooked in modern organizations because it lacks physical violence or overt insults, yet erodes the corporate climate from within due to its persistence and prevalence consists of rude, disrespectful, and exclusionary negative behaviors encountered by employees in their daily work lives, resulting in various psychological and behavioral impacts. Workplace incivility is generally defined as behavior that violates collective norms and hinders cooperation among social or political

© 2026 ISARC Academy

actors. This concept encompasses a range of negative attitudes and behaviors that disrupt mutual respect and harmony in the workplace. In this context, incivility can manifest not only at the individual level but also at the organizational and societal levels. This study employs a literature review method to examine the multidimensional effects of workplace incivility experienced by employees at the hands of supervisors, colleagues, or customers on psychological health, motivation, task performance, and organizational commitment. The findings indicate that various forms of incivility such as rude behavior, intolerance, and toxicity trigger negative emotional states, anxiety, and defensive behaviors among employees. This situation exacerbates psychological strain and leads to indirect declines in work performance. Furthermore, negative impacts are observed regarding motivation and the sense of personal accomplishment, while job satisfaction and organizational commitment are diminished. Incivility, compounded by technological stress and organizational dynamics, leads to the prevalence of burnout syndrome and elevated stress levels among employees. This process contributes to stronger intentions to leave the job and higher rates of absenteeism. Regarding team dynamics, increased conflict, the disruption of interpersonal processes, and weakened feedback mechanisms negatively affect team motivation and overall performance. To prevent incivility and mitigate its effects, it is essential to implement training modules, awareness initiatives, and open communication channels, as well as to develop policies and establish mechanisms for regular assessment and feedback. Such interventions will contribute to building a healthier, more productive, and sustainable work environment at both individual and organizational levels. This study offers human resources professionals and managers practical, people-oriented recommendations aimed at breaking these invisible chains of toxicity within organizations, safeguarding employee psychological health, and fostering a sustainable performance climate.

Keywords: Workplace Incivility, Employee Motivation, Psychological Health, Organization.

1. GİRİŞ

Modern iş organizasyonlarında genelde şiddet ,hakaret boyutlarına varmadığı için görmezden gelinen fakat zaman içerisinde kurumsal iklime büyük ölçüde zarar veren işyeri nezaketsizliği, kaba, saygısız ve dışlayıcı davranış şekliyle ciddi bir tehdit unsuru olmaktadır. İşyeri nezaketsizliği, çalışanların günlük iş yaşamlarında karşılaştıkları olumsuz davranış biçimlerinden biri olarak tanımlanmakta ve çalışanlar üzerinde çeşitli psikolojik ve davranışsal etkiler yaratmaktadır. İşyerinde karşılaşılan nezaketsizliğin etkileri, çalışanların bu tür davranışları görmezden gelmeye çalışmasına rağmen, zamanla çalışanlarda ciddi bir yük oluşturabilmektedir. Özellikle müşteri kaynaklı nezaketsizlik, çalışanların tutumlarının olumsuz yönde değişmesine, üretkenliklerinin azalmasına, tükenmişlik veya depresif hislerin ortaya çıkmasına ve hatta nezaketsizliğe karşılık verme isteğinin doğmasına yol açabilmektedir. Çalışanlar, müşteri nezaketsizliğinin bir tür psikolojik-travma olarak zaman içinde biriktiğini ve bu etkinin ancak uzun süreli deneyimlerle fark edilebildiğini belirtmektedirler. Ayrıca, memnuniyetsiz bir müşterinin kendilerini şikayet etme ihtimalinin yarattığı korku, çalışanların işlerinde kendilerini sıkışmış hissetmelerine neden olabilmektedir. İşyeri nezaketsizliğinin çalışanlar üzerindeki genel etkileri, yalnızca bireysel psikolojik durumları değil, aynı zamanda işyeri ortamındaki genel atmosferi ve çalışanların işlerine olan yaklaşımlarını da kapsamaktadır. Bu bağlamda, işyeri nezaketsizliğinin çalışanlar üzerindeki etkilerinin çok boyutlu olduğu ve uzun vadede hem bireysel hem de kurumsal düzeyde önemli sonuçlar doğurabileceği gözlemlenmektedir. Araştırmada, işyerlerinde yaşanan nezaketsizliğin çalışanlar üzerindeki etkilerini bütüncül bir yaklaşımla incelenmesi ve organizasyonlardaki bu görünmez toksisite zincirlerini kırmak, çalışan esenliğini korumak ve sürdürülebilir bir performans iklimi inşa etmek adına insan kaynakları profesyonellerine ve stratejik yöneticilere insan odaklı pratik öneriler sunulması hedeflenmektedir.

2. AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı, çalışanların üstlerinden, çalışma arkadaşlarından ya da müşterilerden maruz kaldıkları iş yeri nezaketsizliği deneyimlerinin; psikolojik sağlık, motivasyon, görev performansı ve

© 2026 ISARC Academy

kurumsal bağlılık düzeyleri üzerindeki çok boyutlu etkilerini belirlemeye yönelik yapılmıştır. Çalışma yerli ve yabancı örgütsel yazın incelenerek, literatür tarama yöntemiyle yapılmıştır.

3. ARAŞTIRMA

3.1.İşyeri Nezaketsizliğinin Tanımı ve Türleri

İşyeri nezaketsizliği, genel olarak kolektif normları ihlal eden ve sosyal ya da politik aktörler arasındaki iş birliğini engelleyen davranışlar olarak tanımlanır. Bu kavram, işyerinde karşılıklı saygı ve uyumun bozulmasına yol açan çeşitli olumsuz tutum ve davranışları kapsamaktadır Zauderer (2002). İşyeri nezaketsizliği çalışma ortamında karşılıklı saygı ortamını bozan psikolojik taciz ve duygusal saldırganlığın türü olarak ifade edilmektedir (Felblindger, 2008). Başka bir tanıma göre işyeri kurallarına aykırı yönde tutum ve davranışların sergilenmesi olarak belirtilmektedir (Delen, 2010; Pearson: 2001; Küçük ve Çakıcı, 2018). Nezaketsizliğin tanımı literatürde uzun süredir tartışma konusu olmuş ve farklı bakış açıları geliştirilmiştir. Bazı yaklaşımlar, nezaketsizliği bireylere veya gruplara yönelik kaba ya da saygısız davranışlar olarak ele alırken, diğerleri ise demokratik değerlerin ihlal edilmesi boyutuna odaklanmaktadır. Bu çerçevede, nezaketsizlik yalnızca bireysel düzeyde değil, aynı zamanda kurumsal ve toplumsal düzeyde de ortaya çıkabilmektedir. Özellikle çalışanlar üzerindeki aşırı iş yükü de nezaketsizliği tetiklemektedir (Taylor ve Kluemper, 2012). Son dönem literatürde ise bu farklı bakış açıları bütünleştirilerek, nezaketsizliğin çok boyutlu bir çerçevede ele alınması önerilmiştir. Bu yaklaşım, nezaketsizliğin temelinde yatan kolektif normların ihlal edilmesi olgusuna vurgu yapar ve kavramsal netlik sağlamayı amaçlar (Zhang vd., 2025).

3.1.1.Nezaketsizliğin Türleri: Kaba Davranış, Hoşgörüsüzlük ve Toksisite

İşyeri nezaketsizliği, fiziksel saldırıyı içermemekle birlikte (Kanten, 2016; Tarraf, 2012) çeşitli alt türlere ayrılarak daha ayrıntılı biçimde incelenmektedir. Bunlardan ilki, "kaba davranış" olarak adlandırılan ve saygısız iletişim biçimlerini içeren türdür (Anderson ve Pearson, 1999). Kaba davranış, bireyler arası ilişkilerde doğrudan saygısızlık ve nezaketsizlik olarak kendini gösterir (Taştan, 2014). İkinci tür ise "hoşgörüsüzlük" olup, özellikle demokratik değerlerin ve çoğulculuğun ihlal edilmesiyle ilgilidir. Hoşgörüsüzlük, farklı görüş ve kimliklere karşı tahammülsüzlük ve dışlayıcı tutumları kapsar. Üçüncü olarak, "toksisite" kavramı hem kaba davranış hem de hoşgörüsüzlükle örtüşen, bireylere veya gruplara yönelik zararlı ve yıkıcı unsurları vurgular. Toksisite, işyerinde bireylerin psikolojik ve sosyal sağlığını tehdit eden olumsuzlukları içerir. Literatürde ayrıca, nezaketsizliğin kişisel düzeyde (bireyler arası) ve kamusal düzeyde (kurumsal veya toplumsal) olmak üzere iki ana boyutta ele alınabileceği belirtilmiştir. Bazı araştırmacılar ise nezaketsizliği; kaba davranış, bireysel meşruiyeti sarsma ve kurumsal meşruiyeti sarsma gibi alt boyutlara ayırarak daha ayrıntılı bir sınıflandırma sunmuştur (Zhang vd., 2025).

3.1.2. Nezaketsizliğin Psikolojik Etkileri

İşyeri nezaketsizliği, çalışanlar üzerinde belirgin olumsuz psikolojik etkiler yaratmaktadır (Pearson ve Andersson, 2001). Özellikle müşteri kaynaklı nezaketsizliklerin bulaşıcı bir niteliğe sahip olduğu ve çalışanların tutumlarının zamanla olumsuz yönde değiştiği rapor edilmiştir. Katılımcılar, bu tür durumların ardından kendilerini tükenmiş, moralsiz veya depresif hissettiklerini belirtmişlerdir. Nezaketsizliğin etkileri, çoğu zaman hemen fark edilmese de, uzun vadede birikerek mini travma olarak tanımlanan psikolojik yıpranmalara yol açabilmektedir. Nezaketsizliğin psikolojik etkileri yalnızca duygusal tükenmişlikle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda çalışanlarda kaygı ve kapanma davranışlarını da tetiklemektedir (Polatçı ve Özçalık, 2013). Katılımcılar, özellikle memnuniyetsiz bir müşterinin kendilerini şikayet etme ihtimalinden dolayı sürekli bir korku ve baskı altında çalıştıklarını belirtmişlerdir. Bu durum, çalışanların kendilerini işlerinde sıkışmış ve çaresiz hissetmelerine neden olmaktadır (Swain vd., 2024).

© 2026 ISARC Academy

3.2. Çalışan Performansına ve Motivasyonuna Etkileri

Çalışanların fikirlerini ve endişelerini paylaşmalarının, hem bireysel hem de takım düzeyinde performansı artırdığını ortaya koymaktadır. Buna karşılık, yüksek düzeyde sessizlik (silence) sergileyen gruplarda ve organizasyonlarda performansın düştüğü gözlemlenmiştir. Yani, çalışanların seslerini duyuramamaları veya paylaşmamaları, işyeri nezaketsizliğinin bir sonucu olarak, performans üzerinde olumsuz bir etki yaratabilmektedir (Sánchez-Gordón vd., 2023).

İşyeri nezaketsizliği, çalışanların motivasyonunu ve kişisel başarı duygusunu da olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Cortina vd., 2001). Özellikle sessizlik davranışı, çalışanların enerjisini tüketerek kişisel başarı hissinin azalmasına neden olabilmektedir. Bu durum, çalışanların işlerine olan bağlılıklarını ve motivasyonlarını zayıflatmakta, dolayısıyla genel iş performansını da olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, yüksek performanslı yönetsel uygulamalar ile iş performansı arasındaki ilişkinin, çalışanların ses çıkarma davranışları aracılığıyla dolaylı olarak gerçekleştiği meta-analizlerle de desteklenmiştir. Yani, işyeri nezaketsizliği nedeniyle çalışanların fikirlerini paylaşmaktan kaçınmaları, motivasyon kaybına ve sonuç olarak performans düşüşüne yol açabilmektedir (Sánchez-Gordón vd., 2023).

3.3. İş Tatmini ve Kurumsal Bağlılık Üzerindeki Etkileri

Teknolojik stres (technostress), çalışanların iş ortamında karşılaştıkları teknolojik yenilikler ve bu yeniliklere uyum sağlama zorunluluğu nedeniyle yaşadıkları stres türü olarak tanımlanmaktadır. Araştırmalar, teknolojik stresin çalışanlarda verimlilik kaybına, motivasyon eksikliğine ve iş tatmininde azalmaya yol açabileceğini göstermektedir (Kurpicz vd., 2024; Caza ve Cortina, 2007).

Özellikle teknolojinin çalışanlar üzerinde yarattığı hayal kırıklığı ve sıkılma duygusu, iş tatmininin düşmesine ve genel iş performansının olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Bireysel özelliklerin de iş tatmini ve kurumsal bağlılık üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu ortaya konmuştur. Bireysel farklılıklar, teknolojik stresin şiddetini ve çalışanların bu strese verdikleri tepkileri belirlemede önemli bir rol oynamaktadır (Dion, 2006). Yenilikçi bireylerin, teknolojik stresle başa çıkmada daha başarılı oldukları ve bu sayede iş tatminlerinin daha yüksek olduğu öne sürülmektedir (Hessari vd., 2023).

3.4. Kurumsal Bağlılığın İş Tatmini ve Organizasyonel Dinamikler Üzerindeki Rolü

Kurumsal bağlılık (organizational commitment), çalışanların sadece işyerinde bulunmalarının ötesinde, organizasyonun hedef ve değerleriyle bütünleşmelerini ve bu doğrultuda proaktif davranışlar sergilemelerini ifade etmektedir. Özellikle duygusal bağlılığı yüksek olan çalışanlar, yalnızca görevlerini yerine getirmekle kalmayıp, aynı zamanda organizasyonun başarısına katkı sağlayacak ek faaliyetlerde de bulunurlar. Bu tür bir bağlılık, iş tatmininin artmasına, iş performansının yükselmesine ve organizasyonel verimliliğin gelişmesine katkı sağlamaktadır (Smith, vd., 2010). Özellikle geri bildirimin, sanal takımlarda motivasyon, kişilerarası güven ve genel performans üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu gösterilmiştir (Tahir ve Ashraf, 2024). Ayrıca takım dinamiklerinin sürdürülebilir başarı ve çalışan memnuniyeti açısından kurumsal iklimin şekillenmesinde merkezi bir rol oynadığını ortaya koymaktadır (Ibrahim, 2023).

Son dönem ampirik çalışmalar, kurumsal bağlılığın iş performansı ve çalışan verimliliği üzerindeki olumlu etkilerini açıkça ortaya koymaktadır. Kurumsal bağlılığı yüksek bireylerin, iş ortamında pozitif bir atmosferin oluşmasına öncülük ettikleri ve organizasyonun genel etkinliğine anlamlı katkılar sundukları vurgulanmaktadır. Ayrıca, bireysel yenilikçiliğin kurumsal bağlılık üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi olduğu, hatta bireysel yenilikçiliğin teknolojik stres ile kurumsal bağlılık arasındaki ilişkide aracı bir rol oynadığı ileri sürülmektedir. Bu bulgular, kurumsal bağlılığın sadece bireysel davranışları değil, aynı zamanda işyeri kültürünü ve organizasyonun genel başarısını şekillendiren temel bir unsur olduğunu göstermektedir (Hessari vd., 2023).

© 2026 ISARC Academy

3.5. Nezaketsizliğin Önlenmesi ve Müdahale Yöntemleri

Nezaketsizliğin önlenmesi ve müdahele yöntemleri; Eğitim Modülleri ve Farkındalık Çalışmaları, Politika Geliştirme ve Açık İletişim Kanalları, Politika Geliştirme ve Açık İletişim Kanalları olarak üç boyuta odaklanmaktadır (Liang vd., 2025);

3.5.1. Eğitim Modülleri ve Farkındalık Çalışmaları

İşyeri nezaketsizliğinin önlenmesinde en etkili yöntemlerden biri, çalışanlara yönelik kapsamlı eğitim modüllerinin uygulanmasıdır. Bu eğitimler, çalışanların sözlü ve sözsüz ipuçlarını tanımlayabilmelerini sağlamak amacıyla tasarlanır. Özellikle, nezaketsizliğin çoğu zaman açıkça ifade edilmeyen, örtük veya ince yollarla gerçekleşebileceği vurgulanarak, çalışanların bu tür durumlara karşı daha duyarlı olmaları hedeflenir. Eğitimler, yalnızca mağdurları değil, aynı zamanda potansiyel failleri ve tanıkları da bilinçlendirmeyi amaçlar; böylece işyerinde genel bir farkındalık yaratmakta ve duyarlılık seviyesi yükseltmektedir.

3.5.2. Politika Geliştirme ve Açık İletişim Kanalları

Nezaketsizliğin önlenmesinde bir diğer önemli unsur, işyerinde açık ve net politikaların oluşturulmasıdır. Bu politikalar, uygunsuz sözlü veya fiziksel temasın tanımını ve sınırlarını belirlerken, davranışın niyetinin de en az eylemin kendisi kadar önemli olduğunu vurgular. Böylece, çalışanlar hangi davranışların kabul edilemez olduğunu açıkça bilir ve sınırların ihlali durumunda hangi yaptırımların uygulanacağını öngörebilirler. Ayrıca, çalışanların kendilerini rahatsız hissettikleri durumlarda rahatça konuşabilmelerini sağlayacak destekleyici bir ortamın oluşturulması büyük önem taşır. Bu amaçla, gizli bildirim kanalları veya belirlenmiş insan kaynakları temsilcileri gibi mekanizmalar devreye alınabilir. Açık iletişim kanalları, çalışanların yaşadıkları veya gözlemledikleri nezaketsizlik vakalarını çekinmeden bildirmelerine olanak tanır ve işyerinde güven ortamının tesis edilmesine katkı sağlamaktadır.

3.5.3. Düzenli Değerlendirmeler ve Geri Bildirim Mekanizmaları

Nezaketsizliğin önlenmesi ve müdahale yöntemlerinin etkinliğinin sürdürülebilirliği için düzenli değerlendirmeler yapılması gereklidir. Bu kapsamda, işyeri kültürüne ilişkin anketler veya odak grup görüşmeleri düzenlenerek, çalışanların mevcut uygulamalar hakkındaki görüşleri ve deneyimleri toplanır. Elde edilen geri bildirimler, mevcut stratejilerin etkinliğini ölçmek ve gerektiğinde iyileştirmeler yapmak için kullanılır. Ayrıca, bu tür değerlendirmeler sayesinde, işyerinde kimsenin kendini rahatsız veya risk altında hissetmediğinden emin olunabilir. Sürekli izleme ve değerlendirme, işyeri nezaketsizliğinin önlenmesinde proaktif bir yaklaşımın benimsenmesini sağlamakta ve çalışanların refahını artırmaktadır.

4. SONUÇ

İşyeri nezaketsizliği, çalışanların psikolojik sağlığı, motivasyonu, performansı ve kurumsal bağlılığı üzerinde çok boyutlu ve olumsuz etkiler yaratan önemli bir örgütsel sorundur. Nezaketsizliğin kaba davranış, hoşgörüsüzlük ve toksisite gibi çeşitli türleri, çalışanlarda olumsuz duygusal durumların, kaygı ve savunmacı davranışların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu durum, çalışanların psikolojik yıpranmasını artırmakta ve iş performansında dolaylı düşüşlere neden olmaktadır. Ayrıca, motivasyon ve kişisel başarı duygusu üzerinde de olumsuz etkiler gözlemlenmekte, iş tatmini ve kurumsal bağlılık zayıflamaktadır.

Teknolojik stres ve örgütsel dinamiklerle birleşen nezaketsizlik, tükenmişlik sendromunun yaygınlaşmasına ve çalışanlarda stres düzeylerinin artmasına sebep olmaktadır. Bu süreç, işten ayrılma

© 2026 ISARC Academy

niyetlerinin güçlenmesine ve devamsızlık oranlarının yükselmesine katkı sağlamaktadır. Takım dinamiklerinde ise çatışmaların artması, kişilerarası süreçlerin bozulması ve geri bildirim mekanizmalarının zayıflaması, takım motivasyonunu ve genel performansı olumsuz etkilemektedir.

Nezaketsizliğin önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için eğitim modülleri, farkındalık çalışmaları, açık iletişim kanalları, politika geliştirme ve düzenli değerlendirme-geri bildirim mekanizmalarının oluşturulması gerekmektedir. Bu tür müdahaleler, hem bireysel hem de kurumsal düzeyde daha sağlıklı, verimli ve sürdürülebilir bir çalışma ortamının inşasına katkı sağlayacaktır. Konun önemi ve hassasiyetine istinaden yapılacak araştırmalarda farklı kültürlerdeki ve farklı sektörlerdeki etkilerinin araştırılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Andersson, L.M. ve Pearson, C. M. (1999). Tit For Tat? The Spiraling Effect of incivility in the Workplace. *Academy of Management Review*, 24(3), 452-471.

Caza, Barianna Barker ve Lillia M. Cortina, (2007). *From İnsult To İnjury: Explaining The İmpact Of İncivility*. Basic And Applied Social Psychology 29, s. 335-350.

Cortina, L. M., Magley, V. J., Williams, J. H. ve Langhout, R. D. (2001). Incivility in the workplace; and Incidence and Impact. *Journal of Occupational Health Psychology*, 6(1), 64-80.

Delen, M. G. (2010). *Çalışma Hayatında İşyeri Kabalığı Olgusu*. İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi, Maliye Araştırma Merkezi Konferansları (53),43-58.

Dion, M. J. (2006). The Impact of Workplace Incivility and Occupational Stress on the Job Satisfaction and Turnover Intention of Acute Care Nurses, Doctoral Dissertation, ETD Collection for University Of Connecticut Storrs

Felblinger, D. M. (2008). Incivility and Bullying in The Workplace and Nurses Shame Responses, *Journal of Obstetric, Gynecologic and Neonatal Nursing*, 37(2), 234–242.

Hessari, H., Daneshmandi F.ve Nategh, T. (2023). Investigating the Effect of Technostress on the Perceived Organizational Commitment by Mediating Role of Individual Innovation, arXiv preprint arXiv:2310.07806, https://arxiv.org/abs/2310.07806

Ibrahim, M. R. (2023). The Missing Link: Exploring the Relationship Between Transformational Leadership and Change in team members in Construction," arXiv preprint arXiv:2305.13121, https://arxiv.org/abs/2305.13121

J. Liang, J., Jiang, T., Wang, Y., Zhu, R., Ma F. ve Wang, T. (2025). AutoRAN: Weak-to-Strong Jailbreaking of Large Reasoning Models," arXiv preprint arXiv:2505.10846, https://arxiv.org/abs/2505.10846

Kanten, P. (2016). *Örgütlerde Davranışın Aydınlık Ve Karanlık Yüzü.* Kanten ve Kanten (Ed.),

Kurpicz-Briki, M., Merhbene, G., Puttick, A., Souissi, S. B., Bieri J. ve Thom, (2024). Using Natural Language Processing to find Indication for Burnout with Text Classification: From Online Data to Real-World Data, arXiv preprint arXiv:2409.14357, https://arxiv.org/abs/2409.14357

Küçük, Ö ve Aslıhan Ç. (2018). İşyeri Kabalığının Öznel İyi Oluş Haline Etkisi, *İş ve İnsan Dergisi*, 5, s. 75-87.

Pearson, C. M., Andersson, L. M. ve Wegner, J. W. (2001). When Workers Flout Convention: Study of Workplace Incivility. *Human Relations,* 54(11), 1387-1419

Polatçı, S. ve Fatih Ö. (2013). Yapısal Ve Psikolojik Güçlendirmenin İşyeri Nezaketsizliği Ve Tükenmişlik Etkisi, *İşletme Bilimleri Dergi*si, 1, s. 17-34.

© 2026 ISARC Academy

Sánchez-Gordón, M., Colomo-Palacios, R., Akbar M. A. ve Holo,M. K. (2023). A Perspective on the Role of Human Behaviors in Software Development: Voice and Silence, arXiv preprint arXiv:2304.12903, https://arxiv.org/abs/2304.12903

Smith, L. ve Marie, F. (2010) Effects of workplace incivility and empowerment on newly-graduated nurses' organizational commitment', *Journal of nursing management*, 18, s. 1004-1015.

Swain, V. D., Joy Zhong, Q., Parekh, J. R., Jeon, Y.,Zimmermann, R., ve Czerwi, M. (2024). AI on My Shoulder: Supporting Emotional Labor in Front-Office Roles with an LLM-based

Empathetic Coworker, arXiv preprint arXiv:2411.02408, https://arxiv.org/abs/2411.02408

Tahir, G. A., Ashraf, M. (2024). Investigating the Impact of Project Risks on Employee Turnover Intentions in the IT Industry of Pakistan," arXiv preprint arXiv:2403.14675, https://arxiv.org/abs/2403.14675

Tarraf, R. C. (2012). *Taking a Closer Look at Workplace Incivility*: Dimensionality and Source Effects, Unpublished Master's Thesis, The University of Western Ontario, Ontario, Canada.

Taştan, S. B. (2014). İşyeri Nezaketsizliğini Öngören Örgütsel Ve Durumsal Önceller İle Çalışanların Davranışsal Sonuçları Arasındaki İlişkinin Ve Sosyo-Psikolojik Kaynakların Rolünün İncelenmesi: Sağlık Kurumlarında Yapılan Bir Araştırma. *Isguc The Journal Of Industrial Relations And Human Resources*, 16, s. 60-75.

Taylor, S. G. ve Kluemper, D. H. (2012). Linking Perceptions of Role Stress And İncivility to Workplace Aggression: The Moderating Role of Personality Psychology, *Journal of Occupational Health Psychology*, 17(3), 316–329.

Zauderer, D. G. (2002). Workplace İncivility and Management of Human Capital. *The Public Manager*, 31(1), 36-42.

Zhang, Y., Amsler, M., Herrero, L. C., Esser F. ve A. Bovet, A. (2025). Quantifying the Spread of Online Incivility in Brazilian Politics," arXiv preprint arXiv:2504.08960, https://arxiv.org/abs/2504.08960

© 2026 ISARC Academy

ÖĞRENEN ORANAZİSAYON İKLİMİNİN ÇALIŞANLARIN YENİLİKÇİ İŞ DAVRANIŞLARI VE ÖRGÜTSEL ÇEVİKLİK ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Dr. Cihan KARA

Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük

ORCID ID: 0000-0002-8230-810X

ÖZET

Hızlı teknolojik dönüşümlerin, pazar dinamiklerindeki dalgalanmaların ve küresel krizlerin etkin olduğu iş dünyasında, organizasyonların statik yapılardan sıyrılarak sürekli öğrenen yapılara dönüşmesi hayati bir mecburiyet haline gelmiştir. Öğrenen organizasyonlar; bilgiyi yaratma, edinme, transfer etme ve bu yeni bilgiye göre davranışlarını değiştirme yeteneğine sahip esnek sistemlerdir. Öğrenen organizasyon iklimi, bir işletmenin öğrenme yetkinliğini şekillendiren temel unsurların bütününü olarak belirtilmektedir. Öğrenen organizasyon ikliminin odağında, öğrenmeyi destekleyen koşullarınve kolaylaştırıcıların varlığı yatmaktadır. Yenilikçi iş davranışları, bireylerin ve grupların iş ortamında yeni fikirler üretme, bu fikirleri uygulamaya koyma ve örgütsel süreçlerde yenilikçi çözümler geliştirme yönündeki tutum ve eylemlerini kapsamaktadır. Bu davranışların kavramsal çerçevesi, bireysel, grup olarak ve örgütsel düzeyde çeşitli faktörlerin etkileşimiyle şekillenmektedir. Bu çalışmanın amacı, öğrenen organizasyon ikliminin çalışanların proaktif olarak yeni fikirler ve süreç iyileştirmeleri geliştirmelerini ifade eden yenilikçi iş davranışları ile kurumun krizleri fırsata çevirme hızını temsil eden örgütsel çeviklik üzerindeki etkilerini incelemeye yönelik, literatür tarama yöntemiyle yapılmıştır. Çalışma sonucunda; öğrenen organizasyon kültürünü içselleştiren kurumlarda çalışanların yenilikçi iş davranışlarını sergilemede çok daha yüksek motivasyona sahip oldukları ve bu durumun kolektif bir yetkinliğe dönüşerek makro düzeyde örgütsel çevikliği önemli ölçüde artırdığı görülmektedir. Öğrenen organizasyon ikliminin hem bireysel hem de örgütsel düzeyde yenilikçi davranışları teşvik ettiğini ve bu sayede işletmelerin değişen çevresel koşullara daha hızlı ve etkili yanıt verebilme yeteneğini artırdığını göstermektedir. Özellikle algılama ve yanıt verme yeteneklerinin gelişimi, öğrenen organizasyon kültürünün örgütsel çeviklikle bütünleşmesini sağlamaktadır. Çalışmada, liderlik tarzı ve grup dinamiklerinin, yenilikçi davranışların ortaya çıkmasında ve bu davranışların örgütsel çevikliğe dönüşmesinde kritik rol oynadığı görülmektedir. Sonuç olarak, işletmelerin dinamik ve rekabetçi piyasa koşullarında başarılı olabilmeleri için öğrenen organizasyon iklimini güçlendirmeleri, yenilikçi iş davranışlarını teşvik etmeleri ve örgütsel çevikliklerini artırmaları gerekmektedir. Bu doğrultuda, liderlik yaklaşımlarının, grup süreçlerinin ve çalışanların yetkinliklerinin geliştirilmesi, işletmelerin değişime uyum sağlama ve sürdürülebilir başarı elde etme potansiyelini arttırmada önemli katkılar sunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Öğrenen Organizasyonlar, Yenilikçi İş Davranışı, Örgütsel Çeviklik,

THE IMPACT OF LEARNING ORGANIZATION CLİMATE ON EMPLOYEES' INNOVATIVE WORK BEHAVIORS AND ORGANİZATIONAL AGILITY

ABSTRACT

In a business world characterized by rapid technological transformations, fluctuations in market dynamics, and global crises, it has become a vital necessity for organizations to move beyond static structures and evolve into continuous learning entities. Learning organizations are flexible systems capable of creating, acquiring, and transferring knowledge, as well as modifying their behaviors based

© 2026 ISARC Academy

on this new knowledge. The "learning organization climate" is defined as the aggregate of fundamental elements that shape an enterprise's learning competence. At the core of this climate lie the conditions and facilitators that support learning. Innovative work behaviors encompass the attitudes and actions of individuals and groups regarding the generation of new ideas, their implementation, and the development of innovative solutions within organizational processes. The conceptual framework of these behaviors is shaped by the interaction of various factors at the individual, group, and organizational levels. This study employs a literature review methodology to examine the impact of the learning organization climate on two key areas: innovative work behaviors defined as employees proactively developing new ideas and process improvements and organizational agility, which represents the speed at which an institution transforms crises into opportunities. The study concludes that in organizations where the learning organization culture is internalized, employees exhibit significantly higher motivation to engage in innovative work behaviors; this dynamic evolves into a collective competence that substantially enhances organizational agility at the macro level. It is demonstrated that a learning organization climate fosters innovative behaviors at both individual and organizational levels, thereby enhancing the ability of businesses to respond more rapidly and effectively to changing environmental conditions. In particular, the development of sensing and responding capabilities facilitates the integration of a learning organization culture with organizational agility. The study reveals that leadership style and group dynamics play a critical role in the emergence of innovative behaviors and their transformation into organizational agility. Consequently, to succeed in dynamic and competitive market conditions, businesses need to strengthen their learning organization climate, encourage innovative work behaviors, and enhance their organizational agility. In this context, developing leadership approaches, group processes, and employee competencies will significantly contribute to increasing the potential of businesses to adapt to change and achieve sustainable success.

Keywords: Learning Organizations, Innovative Work Behavior, Organizational Agility.

1. GİRİŞ

Günümüz iş dünyası küreselleşme, yıkıcı teknolojik inovasyonlar, yapay zekâ entegrasyonu ve makro düzeydeki sosyo-ekonomik dalgalanmalar nedeniyle tarihin en öngörülemez dönemlerinden birini yaşamaktadır. Geleneksel, katı ve statik yönetim modellerini sürdürmek ya da dinamik, esnek ve sürekli öğrenen organik yapılara dönüşmek kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu nedenle organizasyonların hayatta kalabilmesi ve rekabet avantajını koruyabilmesi, statik bilgileri korumalarından ziyade, kolektif olarak bilgiyi üretme, transfer etme ve bu yeni bilgiye göre kendilerini hızla dönüştürme yeteneklerine bağlıdır. Bu yetkinliğin kurumsal karşılığı ise "öğrenen organizasyon" (learning organization) iklimidir. Öğrenen bir organizasyon iklimi, çalışanlar için sadece bir eğitim alanı değil, aynı zamanda hata yapmanın tolere edildiği, psikolojik güvenliğin yüksek olduğu ve statükonun sürekli sorgulandığı proaktif bir ekosistemdir. Bu destekleyici ve entelektüel olarak uyarıcı iklim, çalışanları geleneksel iş tanımlarının dışına çıkmaya teşvik etmektedir. Bu proaktif yönelimin çalışan düzeyindeki en somut çıktısı, yeni fikirler üretme, bu fikirleri tanıtma ve iş süreçlerini iyileştirmek adına uygulama safhalarını içeren "yenilikçi iş davranışı" (innovative work behavior) olarak kendini göstermektedir. Bilginin özgürce aktığı ve bireysel gelişimle desteklendiği ortamlarda çalışanlar, yenilikçi adımlar atarken kurumsal bir dirençle karşılaşmayacaklarını bilmektedirler. Çalışan düzeyinde tetiklenen bu yenilikçi ve proaktif davranış kodları, zamanla makro düzeyde bütüncül bir kurumsal refleks haline gelmektedir. Bu refleks, modern stratejik yönetim literatürünün en kritik kavramlarından biri olan örgütsel çeviklik (organizational agility) olgusunu beslemektedir. Örgütsel çeviklik; bir kurumun çevresel değişimleri erken aşamada görme, kaynaklarını bu değişimlere göre hızla yeniden konumlandırma ve kriz anlarında yıkıcı etkileri bertaraf ederek fırsatları yakalama kapasitesini ifade etmektedir. Çalışanları sürekli yenilikçi iş davranışları sergileyen ve öğrenen bir iklimle kuşatılmış organizasyonlar, dış çevreden gelen şoklara karşı birer kurban olmak yerine, değişimi yöneten proaktif aktörlere dönüşmektedir. Dolayısıyla, mikro düzeydeki öğrenen organizasyon ikliminin ve çalışan inovasyonunun, makro düzeydeki örgütsel çevikliğin en stratejik yakıtı olduğu varsayılmaktadır. Ancak mevcut yönetim literatürü incelendiğinde, öğrenen organizasyonlar ile örgütsel çeviklik kavramlarının genellikle birbirini ikame eden veya

© 2026 ISARC Academy

bağımsız stratejik araçlar olarak ayrı ayrı incelendiği görülmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, belirsizlik çağında faaliyet gösteren organizasyonlarda, öğrenen organizasyon ikliminin çalışanların yenilikçi iş davranışları ve makro düzeydeki örgütsel çeviklik üzerindeki etkilerini incelemektir. Ayrıca öğrenmenin stratejik bir ayakta kalma formülü olduğunu ortaya koymayı hedeflemektedir. Bu doğrultuda makalede, organizasyonların kriz dönemlerinde esnekliklerini kaybetmeden, insan kaynaklarının yenilikçi gücünü arkalarına alarak nasıl çevik yapılara dönüşebileceklerine dair hem akademiye hem de iş dünyasındaki uygulayıcılara yenilikçi ve rehber niteliğinde bir kuramsal çerçeve sunulması hedeflenmektedir.

2. AMAÇ YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı, öğrenen organizasyon ikliminin çalışanların proaktif olarak yeni fikirler ve süreç iyileştirmeleri geliştirmelerini ifade eden yenilikçi iş davranışları ile kurumun krizleri fırsata çevirme hızını temsil eden örgütsel çeviklik üzerindeki etkilerini incelemeye yönelik, Güncel, ulusal ve uluslararası örgütsel davranış yazını incelenerek, literatür tarama yöntemiyle yapılmıştır.

3. ARAŞTIRMA

3.1. Öğrenen Organizasyon İklimi ve İşletmelerdeki Önemi

Öğrenen organizasyon, insanın organizasyonla beraber nasıl, uyum içerisinde öğrenilmesi gerekenin nasıl öğrenileceğini gösteren bir yönetim tekniğidir (Gürsözlü, 2006). David Garvin'in (1993) çalışmasında öğrenen organizasyonu, bilgiyi oluşturma, edinme, aktarma, yeni bilgi ve kavrayışları yansıtmak için değiştirme becerisine sahip olan organizasyon olarak belirtmektedir (Özen Kutaniş, 2002). Öğrenen organizasyonlar, değişimin önünde yer alan ve hızla değişen yapılardır (Budak ve Budak, 2004). Organizasyonlarda öğrenmenin ön şartı, çalışanların öğrenme düzeyi ve çabalarıdır, organizasyonlar bireyler aracılığıyla öğrenirler ve bireysel öğrenmenin olmadığı işletmelerde toplu öğrenme gerçekleşmez (Kim, 1993; Tannenbaum, 1997). Örgütsel öğrenme iklimi, hem bireysel hem de toplu öğrenmenin olduğu ve öğrenme üzerine hiçbir engelin konulmadığı ortamlara denir (DeChant, 1996). Öğrenen organizasyon iklimi, bir işletmenin öğrenme yetkinliğini şekillendiren temel unsurların bütününü ifade etmektedir. Öğrenen organizasyon iklimi, bir organizasyonun öğrenme kapasitesini ve bu kapasitenin nasıl geliştirildiğini anlamak için iki temel bileşen üzerinden incelenmektedir: bunlar öğrenme yönelimleri ve öğrenmeyi kolaylaştırıcı faktörlerdir. Öğrenme yönelimleri, organizasyonun nasıl ve ne öğrendiğine odaklanırken, mevcut öğrenme süreçlerinin betimlenmesine yardımcı olur. Ancak, bu yönelimler organizasyonun öğrenme kapasitesini değerlendirmek için doğrudan bir ölçüt sunmaz; yalnızca mevcut öğrenme süreçlerinin anlaşılmasını sağlar. Buna karşılık, öğrenmeyi kolaylaştırıcı faktörler, organizasyonun nasıl öğrenmesi gerektiğine dair normatif bir bakış açısı sunar. Bu faktörler organizasyon içinde güçlü ve yaygın olduğunda, öğrenme süreçleri daha kolay gerçekleşir ve öğrenme miktarı artar. Dolayısıyla, öğrenen organizasyon ikliminin temelinde, öğrenmeyi destekleyen koşulların ve kolaylaştırıcıların varlığı yatmaktadır (Nguyen vd., 2016; Carley ve Harrald, 1997; Ferris ve Fanelli, 1996).

Öğrenen organizasyon iklimi çok boyutlu bir yapı olarak; yönetsel bağlılık, sistem bakış açısı, açıklık ve deneysellik ile bilgi transferi ve entegrasyonu gibi temel unsurları içerir. Yönetsel bağlılık, yönetimin öğrenmeye verdiği önemi ve bu değerin organizasyon kültürüne yansıtılmasını ifade eder. Yöneticiler, öğrenmenin temel bir değer olduğunu benimsemeli ve çalışanların öğrenme süreçlerine katılımını teşvik etmelidir. Sistem bakış açısı ise, organizasyonel faktörlerin birbirine olan bağımlılığını geniş bir perspektiften değerlendirme yeteneğini ifade eder. Bu yaklaşım, organizasyon içinde ortak bir vizyon ve zihinsel modellerin oluşturulmasını gerektirir; ortak vizyon olmadan bireyler ve departmanlar, organizasyonun hedeflerini ve bu hedeflere nasıl ulaşılacağını anlamakta güçlük çekebilirler. (Nguyen vd., 2016).

Açıklık ve deneysellik, organizasyonun yeni fikirlere açık olmasını ve yenilikçi yaklaşımları teşvik etmesini sağlar. Bu unsurlar, aynı zamanda öğrenilmiş olanın unutulması(unlearning) kavramı ile de

© 2026 ISARC Academy

ilişkilidir. Organizasyonlar, değişime hazır olabilmek için uzun süredir benimsedikleri rutinleri, varsayımları ve inançları sorgulamalı ve gerektiğinde bunlardan vazgeçebilmelidir. Son olarak, bilgi transferi ve entegrasyonu, organizasyonun üyeleri arasında bilginin yayılması ve bütünleştirilmesi kapasitesini ifade eder. Bilgi paylaşımı ve entegrasyonu, organizasyonel öğrenmenin kurulması ve kapasitesinin artırılmasında kilit bir belirleyicidir. Öğrenme kapasitesi, organizasyonlar arasında farklılık yaratan bir unsur olarak rekabet avantajının temelini oluşturur ve bilgi birikiminin artışıyla sürdürülebilir rekabet üstünlüğü sağlar (Nguyen vd., 2016).

Bu nedenle, öğrenen organizasyon iklimi, bir organizasyonun gelecekteki rekabet avantajını belirleyen stratejik bir kaynak olarak görülmektedir.

3.2. Yenilikçi İş Davranışlarının Kavramsal Çerçevesi

Yenilikçi iş davranışı, birey performansı, iş tatmini gibi konulara odaklanmakla birlikte, örgütsel performans ile sonuçlanacağını ifade etmektedir (Jannsen, 2000). Pukiene (2016) çalışmasında yenilikçi iş davranışının, örgütün dinamik bir ortamda başarısı için önemli bir unsur olarak organizasyonel süreçlerin verimliliğine ve rekabe avantajının korumasına katkı sağladığını belirtmektedir.

Yenilikçi iş davranışları, bireylerin ve grupların iş ortamında yeni fikirler üretme, bu fikirleri uygulamaya koyma ve örgütsel süreçlerde yenilikçi çözümler geliştirme yönündeki tutum ve eylemlerini kapsar. Bu davranışların kavramsal çerçevesi, bireysel, grup ve örgütsel düzeyde çeşitli faktörlerin etkileşimiyle şekillenmektedir. Literatürde yenilikçi iş davranışlarının ortaya çıkışını açıklamaya yönelik farklı modeller geliştirilmiştir ve bu modeller, yenilikçi davranışların çok boyutlu doğasını vurgulamaktadır (Monteiro vd., 2016).

Örgütsel düzeyde, örgütün açıkça ifade edilen stratejisi ve büyüklüğü önemli rol oynamaktadır. Çalışan ile işveren arasındaki kesişim noktalarında ise, bireyin örgütsel hiyerarşideki konumu, yönetimin yenilik konusundaki beklentileri, çalışma grubunun kültürü ve iş fonksiyonundaki uzmanlık düzeyi belirleyici olmaktadır. Bireysel düzeyde ise, proaktiflik, girişimcilik ruhu, öğrenmeye açıklık ve yaş gibi faktörler yenilikçi davranışları desteklemektedir. (Demirel ve Seçkin, 2008; Abstein, 2014). Son olarak, yeniliğin kendisine ilişkin olarak, öğrenme potansiyelinin gömülü olması ve örgütsel hedeflerle uyumu da yenilikçi davranışların ortaya çıkmasında etkili olmaktadır (Tierney ve Farmer, 2002).

Scott ve Bruce'un modelinde ise, bireysel yenilikçi davranışlar dört ana kategoriye ayrılmıştır: psikolojik yenilik iklimi, liderlik, çalışma grubu ve bireysel problem çözme tarzları. Liderlik bağlamında, lider-üye etkileşiminin kalitesi ve liderin astından yenilikçi davranış beklemesi, bireyin yenilikçi davranış sergilemesiyle doğrudan ilişkilidir. Yenilik için destekleyici bir iklimin varlığı, bireylerin yenilikçi davranışlarını artırmaktadır. Ayrıca, kariyer evresi ilerledikçe bireylerin yenilikçi davranış sergileme olasılığının azaldığı belirlenmiştir (Monteiro vd., 2016).

West'in modeli ise, grup düzeyinde yaratıcılık ve yenilikçi davranışların ortaya çıkışını dört ana unsurun etkileşimiyle açıklar: grup görev özellikleri, grup bilgi çeşitliliği ve becerileri, bütünleştirici grup süreçleri ve dış taleplerdir. Özellikle, aşırı veya yetersiz dış baskı bireylerde yenilikçi davranışların ortaya çıkmasını engelleyebilmektedir. Grup süreçleri açısından ise, etkili çatışma yönetimi, yeniliğe destek ve grup içi psikolojik güvenliğin sağlanması, grup yaratıcılığı ve yenilikçi uygulamaların gerçekleşmesinde kritik rol oynamaktadır (Monteiro vd., 2016).

3.3. Örgütsel Çeviklik Tanımı ve Bileşenleri

Olbert, Prodoehl ve Worley (2017) çalışmasında, örgütsel çevikliği bir örgütün başarısı sonucu ortaya çıkan sürekli değişikliklere hızlı, etkin ve kalıcı çözümler üretme kabiliyeti olarak açıklamaktadır. Goldman vd. (1995) ise, örgütsel çevikliğin değişime ve belirsizliğe etkin bir çözüm olduğunu belirtmektedir (Wageeh, 2016). Örgütsel çeviklik, örgüt yapısını oluşturan teknoloji, iş süreçleri, bireyler, bilgi ve strateji gibi tüm unsurları içermektedir (Molla, Peszynski ve Trinh, 2012). Örgütsel çeviklik, günümüzün hızla değişen ve belirsizliklerle dolu iş ortamlarında işletmelerin rekabet avantajı

© 2026 ISARC Academy

elde edebilmesi için kritik bir yetkinlik olarak tanımlanmaktadır. Bu kavram, organizasyonların yenilik fırsatlarını algılayabilme ve bu fırsatları değerlendirmek için gerekli bilgi ve kaynakları hızlı bir şekilde hazırlayarak pazardaki değişimlere etkin biçimde yanıt verebilme kapasitesini ifade eder (Marhraoui ve Manouar,2017).

Örgütsel çeviklik, yalnızca beklenmeyen çevresel değişimlere uyum sağlama yeteneğiyle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda bu değişimleri gelişim ve büyüme için fırsata dönüştürebilme becerisini de kapsar. Bu bağlamda, çevik organizasyonlar, değişkenlik (volatility), belirsizlik (uncertainty), karmaşıklık (complexity) ve muğlaklık (ambiguity) gibi VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity) olarak adlandırılan çevresel koşullarla başa çıkabilmek için hızlı ve yenilikçi yanıtlar geliştirebilmektedirler. Değişkenlik, değişimin hızı ve hacmiyle ilgilenirken; belirsizlik, olayların öngörülebilirliğindeki zorlukları; karmaşıklık, organizasyonu çevreleyen kaotik yapıyı; muğlaklık ise değişen koşul ve bağlamlarla ilişkili belirsizliği ifade etmektedir (Marhraoui ve Manouar, 2017). Nejatian vd. (2013) Çalışmlarında, örgütün başarılı olması ile örgütsel çevikliğin önemli derecede ilişkili olduğunu ifade eder.

3.4. Öğrenen Organizasyon İkliminin Yenilikçi İş Davranışlarına Etkisi

Yenilikçi iş davranışlarının ortaya çıkmasında hem bireysel hem de örgütsel düzeyde çeşitli faktörlerin etkili olduğu görülmektedir. Åmo'nun modeline göre, bireysel yenilikçi davranışlar dört ana kategori altında toplanan on iki faktör tarafından şekillendirilmektedir: örgütün kendisi (ifade edilen strateji ve örgüt büyüklüğü), çalışan-işveren etkileşimi (örgütsel hiyerarşideki pozisyon, yönetimin yeniliğe yönelik beklentileri, çalışma grubu kültürü ve iş fonksiyonunda uzmanlaşma düzeyi), bireysel özellikler (proaktivite, girişimcilik ruhu, öğrenmeye açıklık ve yaş) ve yeniliğin kendisi (gömülü öğrenme potansiyeli ve örgütsel hedeflerle uyumu).Bu çerçevede, öğrenen organizasyon iklimi, özellikle öğrenmeye açıklık, proaktivite ve örgütsel hedeflerle uyum gibi bireysel ve örgütsel faktörleri destekleyerek yenilikçi davranışların gelişimini teşvik etmektedir (Monteiro vd., 2016).

Scott ve Bruce'un araştırmasında ise, bireysel yenilikçi davranışların dört ana kategoriyle ilişkili olduğu bulunmuştur: yenilik için psikolojik iklim, liderlik, çalışma grubu ve bireysel problem çözme tarzı. Özellikle, lider-üye etkileşiminin kalitesi (Stoffers vd., 2015) ve liderin astından yenilikçi davranış beklemesi, bireyin yenilikçi davranış sergilemesiyle doğrudan ilişkilidir. (Ruhnke ve Mulder, 2016). Ayrıca, öğrenen organizasyon ikliminin, grup içi güvenli ortamlar yaratarak ve yeniliğe destekleyici bir atmosfer oluşturarak, çalışanların yenilikçi iş davranışlarını teşvik edebileceğini göstermektedir. Ancak, grup dinamiklerinin etkisi, liderlik ve örgütsel iklim gibi diğer faktörlerle birlikte ele alındığında daha anlamlı hale gelmektedir. Bu nedenle, öğrenen organizasyon ikliminin yenilikçi iş davranışları üzerindeki etkisi, bireysel, grup ve örgütsel düzeydeki çoklu etkileşimlerin bir sonucu olarak değerlendirilmelidir (Monteiro vd., 2016).

3.5. Öğrenen Organizasyon İkliminin Örgütsel Çevikliğe Katkısı

Öğrenen Organizasyon Kültürü ve Çeviklik Arasındaki Etkileşim, Dijital ve Çeviklik Odaklı Yetkinliklerin Rolü şeklinde iki alt başlık altında açıklanmaktadır.

3.5.1. Öğrenen Organizasyon Kültürü ve Çeviklik Arasındaki Etkileşim

Öğrenen organizasyon iklimi, örgütsel çevikliğin geliştirilmesinde temel bir rol oynamaktadır. Özellikle büyük veri analitiği gibi dijital dönüşüm süreçlerinin başarılı bir şekilde örgütsel çevikliğe katkı sağlaması, öğrenmeye açık ve sürekli gelişimi teşvik eden bir organizasyon kültürünün varlığına bağlıdır. Araştırmalar, şirket çevikliğinin artırılması için yalnızca teknolojik araçların ve veri analizinin yeterli olmadığını, aynı zamanda bu araçların etkin kullanımını mümkün kılan öğrenen bir organizasyon ikliminin gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, çeviklik odaklı liderlik yaklaşımlarının, öğrenen

© 2026 ISARC Academy

organizasyon kültürünün geliştirilmesinde ve sürdürülebilir çevikliğin sağlanmasında etkili olduğu belirtilmektedir (Ciampi vd., 2021).

3.5.2. Dijital ve Çeviklik Odaklı Yetkinliklerin Rolü

Öğrenen organizasyon ikliminin örgütsel çevikliğe katkısında, dijital ve çeviklik odaklı yetkinliklerin önemi öne çıkmaktadır. Şirketlerin çevik olabilmesi için, analiz edilen veriler, kullanılan veri analiz araçları, bu araçların işlevselliği ve gerçekleştirilecek görevler arasında uygun bir uyumun sağlanması gerekmektedir. Bu uyumun sağlanmasında ise, dijital yetkinliklerin yanı sıra, öğrenmeye ve yeniliğe açık bir organizasyon kültürünün varlığı kritik bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır (Fahami vd. (2017). Özellikle çeviklik odaklı ve dijital yetkinliklerin geliştirilmesi, büyük veri analitiği gibi iş zekâsı projelerinin başarıyla uygulanmasında ve örgütsel çevikliğin artırılmasında belirleyici olmaktadır (Ciampi vd., 2021). Bu nedenle, öğrenen organizasyon iklimi, çalışanların dijital ve çeviklik odaklı yetkinliklerini geliştirmelerine olanak tanıyarak, örgütün değişen çevresel koşullara hızlı ve etkili bir şekilde uyum sağlamasını desteklemektedir.

3.6. Çalışanların Yenilikçi Davranışları ile Örgütsel Çeviklik Arasındaki İlişki

Çalışanların yenilikçi davranışlarının ortaya çıkmasında bireysel, örgütsel ve liderlik temelli çeşitli faktörler etkili olmaktadır. Amo'nun modeline göre, bireysel yenilikçi davranışlar; örgütün açıkça ifade edilen stratejisi ve büyüklüğü, çalışan ile işveren arasındaki etkileşim (örgütsel hiyerarşideki pozisyon, yönetimin beklentileri, iş grubu kültürü ve iş fonksiyonundaki uzmanlık düzeyi), bireysel özellikler (proaktivite, girişimcilik ruhu, öğrenmeye açıklık ve yaş) ve inovasyonun kendisine ait öğrenme potansiyeli ile örgütsel hedeflerle uyumu gibi dört ana kategoride toplanan on iki faktör tarafından olumlu yönde etkilenmektedir (Monteiro vd., 2016).

Bu faktörlerin birçoğu, örgütsel çevikliğin temel bileşenleriyle örtüşmektedir. Özellikle öğrenmeye açıklık, proaktivite ve iş grubu kültürü gibi unsurlar, örgütlerin değişen çevresel koşullara hızlı ve etkili şekilde yanıt verebilme kapasitesini, yani çevikliğini artırmaktadır. Yenilikçi davranışların desteklendiği bir iklim, çalışanların yeni fikirler üretmesini ve bu fikirleri uygulamaya koymasını kolaylaştırarak örgütün çevik hareket etmesine olanak tanır.

Öğrenen organizasyon ikliminin örgütsel çevikliğe katkısında, dijital ve çeviklik odaklı yetkinliklerin önemi öne çıkmaktadır. (Monteiro vd., 2016). Şirketlerin çevik olabilmesi için, analiz edilen veriler, kullanılan veri analiz araçları, bu araçların işlevselliği ve gerçekleştirilecek görevler arasında uygun bir uyumun sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle, öğrenen organizasyon iklimi, çalışanların dijital ve çeviklik odaklı yetkinliklerini geliştirmelerine olanak tanıyarak, örgütün değişen çevresel koşullara hızlı ve etkili bir şekilde uyum sağlamasını desteklemektedir.

Liderlik, hem yenilikçi davranışların hem de örgütsel çevikliğin gelişiminde kritik bir rol oynamaktadır. Lider-üye etkileşiminin kalitesi ve liderin çalışanlarından yenilikçi davranış beklemesi, bireysel yenilikçi davranışlarla anlamlı şekilde ilişkilidir (Ruhnke ve Mulder, 2016). Yenilikçi liderlik bağlamında Liderlerin inovasyonu destekleyen bir iklim yaratması, çalışanların yenilikçi davranışlarını teşvik ederek örgütün çevikliğini artırmaktadır. Ayrıca çalışanların yenilikçi davranışları ile örgütsel çeviklik arasındaki ilişki, grup dinamikleri ve dış çevre taleplerinin etkisiyle daha da güçlenmektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında öğrenen organizasyon ikliminin işletmelerde yenilikçi iş davranışları ve örgütsel çeviklik üzerindeki etkileri çok boyutlu bütüncül bir yaklaşımla incelemiştir. Araştırmalar sonucunda elde edilen bulgulara göre, öğrenen organizasyon ikliminin hem bireysel hem de örgütsel düzeyde yenilikçi davranışları teşvik ettiğini ve bu sayede işletmelerin değişen çevresel koşullara daha hızlı ve etkili yanıt verebilme kapasitesini artırdığını göstermektedir. Özellikle algılama ve yanıt verme

© 2026 ISARC Academy

yeteneklerinin gelişimi, öğrenen organizasyon kültürünün örgütsel çeviklikle bütünleşmesini sağlamaktadır.

Çalışmada, liderlik tarzı, grup dinamikleri ve dış taleplerin, yenilikçi davranışların ortaya çıkmasında ve bu davranışların örgütsel çevikliğe dönüşmesinde kritik rol oynadığı vurgulanmıştır.

Bir başka bulguya göre hizmet sektörlerinde öğrenen organizasyon ikliminin, yenilikçi davranışlar ve çeviklik üzerindeki olumlu etkilerini desteklediği ve öğrenen organizasyon kültürünün örgütsel çeviklikle bütünleşmesini sağladığı görülmektedir.

Sonuç olarak, işletmelerin dinamik ve rekabetçi piyasa koşullarında başarılı olabilmeleri için öğrenen organizasyon iklimini güçlendirmeleri, yenilikçi iş davranışlarını teşvik etmeleri ve örgütsel çevikliklerini artırmaları gerekmektedir. Bu doğrultuda, liderlik yaklaşımlarının, grup süreçlerinin ve çalışanların yetkinliklerinin geliştirilmesi, işletmelerin değişime uyum sağlama ve sürdürülebilir başarı elde etme potansiyelini artıracaktır.

İleride yapılacak araştırmalarda konunun farklı kültürler ve sektörlerdeki etkilerini belirlemeye yönelik çalışmalar yapılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Abstein, A., and Spieth, P. (2014). Exploring HRM meta-features that foster employees'innovative work behaviour in times of increasing work–life conflict. *Creativity and innovation management*, 23(2), 211-225.

Budak, G. ve, Budak G. (2004*). İşletme Yönetimi*, Barış Yayınları, İzmir, 2004.

Carley, K. M. ve Harrald, J. R. (1997). Organizational Learning Under Fire: Theory and Practice, *American Behavioral Scientist*, 40(3), 310-332.

Ciampi, F., Faraoni, M., Ballerini, J. ve Meli, F. (2021). The co-evolutionary relationship between digitalization and organizational agility: Ongoing debates, theoretical developments and future research perspectives, econ.GN q-fin.EC, 2112.11822, https://arxiv.org/abs/2112.11822.

DeChant, K. (1996). The Playing Fields of Learning, Cavaleri, S. A. and D. S. Fearoon (edts.), *Managing in Organizations That Learn*, (97-118), Cambridge, Blackwell.

Demirel, Y., ve Seçkin, Z. (2008). Bilgi ve bilgi paylaşımının yenilikçilik üzerine etkileri. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17(1), 189-202.

Felipe, C. M., Leal-Rodríguez, Antonio L. & Roldán José L. (2017). Impact of organizational culture values on organizational agility. *Sustainability*, 9, 1-23.

Ferris, W. P. ve Fanelli, A. R. (1996), The Learning Manager and the Inner Side of Management Cavaleri, S. A. and D. S. Fearoon (edts.), *Managing in Organizations That Learn*, (66-96), Cambridge, Blackwell.

Garvin, A. (1998). *Building a Learning Organization*, Harvard Business, Review On Knowledge Management, HBR Press,1998.

Gürsözlü, S. (2006). *Öğrenen Organizasyonlar*, http://www.altisigma.com/modules.php?name= News&file = article&sid =16, Erişim Tarihi:15.10.2026.

Janssen, O. (2000). Job demands, perceptions of effort-reward fairness and innovative work behaviour. *Journal of Occupational and organizational psychology*, 73(3), 287-302.

Kim, D. H. (1993). The Link Between Individual Learning and Organizational Learning, *Sloan Management Review*, 35(1), 37-50.

Marhraoui ve Manouar, A. E. (2017). Towards a new Framework linking knowledge management systems and organizational agility: an empirical study, https://arxiv.org/abs/ 1707.08182.

© 2026 ISARC Academy

Molla, A., Peszynski, K., ve Trinh, T. P. (2012). Enterprise systems and organizational agility: A review of the literature and conceptual framework. *Communications of the Association for Information Systems*, 31, 167-193.

Monteiro, C., Silva F. Q. B. ve Capretz, l. F. (2016). The Innovative Behaviour of Software Engineers: Findings from a Pilot Case Study," cs.SE, 1612.04648, https://arxiv.org/abs/1612.04648.

Nejatian, M., Nejati, M., Zanjirchi, S. M., ve Zarei, M. H. (2018). A hybrid approach to achieve organizational agility: An empirical study of a food company. *Benchmarking: An International Journal*, 25(1), 201-234.

Nguyen, Q. V., Tate, M., Calvert P. ve Aubert, B. (2016). Leveraging ERP Implementation to Create Intellectual Capital: the Role of Organizational Learning Capability, cs.OH, 1606.01431, 2016. https://arxiv.org/abs/1606.01431.

Olbert, S., Prodoehl, H. G., & Worley, C. G. (2017*). Organizational agility as a competitive factor: The "agile performer index"*. France: NEOMA Business School, Reims Cedex.

Özen Kutaniş, R. (2002). *Öğrenen Organizasyonlar , Stratejik Boyutuyla Modern Yönetim Yaklaşımları*, Ed: İsmail Dalay, Recai Çoşkun, Remzi Altunışık, Beta Basım-Yayın Dağıtım A.Ş., İstanbul, ss.257-282.

Pukienė, A., and Škudienė, V. (2016). *Innovative work behavior-the role of human resource management and affective commitment* (Master's thesis, ISM University of Management and Economics). 1-112.

Ruhnke, M., and Mulder, R. H. (2016). *Ambidextrous Leadership and Innovative Work Behaviour*. Working paper. 1-15. Retrieved from: https://www. ufhrd. co. uk/wordpress/wpcontent/uploads/2016/10/paper_86. pdf.

Stoffers, J., Neessen, P., and van Dorp, P. (2015). Organizational culture and innovative work behavior: A case study of a manufacturer of packaging machines. *American Journal of Industrial and Business Management*, 5(04), 198-207.

Tannenbaum, S. I. (1997). Enhancing Continuous Learning: Diagnostic Findings from Multiple Companies, *Human Resource Management*, 36(4), 437-452.

Tierney, P., and Farmer, S. M. (2002). Creative self-efficacy: Its potential antecedents and relationship to creative performance. *Academy of Management journal*, 45(6), 1137-1148.

Wageeh, A. N. (2016). Organizational agility: The key to organizational success. *International Journal of Business and Management*, 11(5), 296-309.

© 2026 ISARC Academy

GÖÇ VE MEKÂN: AİDİYET VE ZİYARET MEKÂNLARININ ANLAMSAL DÖNÜŞÜMÜ VE YAPILANMASI ÜZERİNE SİSTEMATİK BİR DERLEME

Dr. Coşkun SAĞLIK

Independent Researcher, Sociology, Gaziantep/Türkiye

ÖZET

Göç, bireylerin ve toplulukların coğrafi olarak yer değiştirmesiyle beraber mekânla kurdukları ilişkilerin, aidiyet biçimlerinin ve toplumsal hafızalarının yeniden şekillenmesine de yol açmaktadır. Göçmenler, ev sahibi toplumda tutunmaya çalışırken geçmişle bağlarını sürdürme ve yeni aidiyet biçimleri geliştirme arayışına girmektedir. Bu süreçte mekân, fiziksel bir çevre olmanın ötesinde kimliğin, belleğin ve toplumsal ilişkilerin üretildiği bir alan olarak önem kazanmaktadır. Araştırma kapsamında mekânın üretimi, habitus ve sosyal/kültürel sermaye kavramlarından hareketle göçmenlerin gündelik yaşam pratikleri aracılığıyla yeni mekânları nasıl anlamlandırdıkları ve dönüştürdükleri bağlamında ele alınmaktadır. Yaşanılan konutların kültürel alışkanlıklara uygun biçimde düzenlenmesi, göçmenlerin ağırlıklı yaşadıkları mahallelerde anadil ve kültürel sembollerin görünürlük kazanması, mekânsal kendilemenin ve aidiyet inşasının temel göstergeleri olarak okunabilir. Ev denilen mekan bu bağlamda mahremiyetin, güvenliğin ve kültürel sürekliliğin sağlandığı bir alan olmakta, yeni bir yerde kök salma ve kalıcılaşma arayışını da temsil etmektedir. Çalışmanın bir diğer odağını ziyaret mekânlarının göçmen kimliğinin ve kolektif belleğin sürdürülmesindeki rolü oluşturmaktadır. Anavatan ziyaretleri, aile mezarlarının ve geçmişte yaşanılan yerlerin ziyaret edilmesi, dini ve kültürel yapıların yeniden anlamlandırılması, geçmiş ile bugün arasında bağ kuran pratikler olarak ele alınmaktadır. Bu doğrultuda ziyaret mekânları, kimliğin yeniden üretildiği ve kuşaklararası hafızanın aktarıldığı toplumsal alanlar olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, göç ve mekân arasındaki ilişkiyi aidiyet duygusu, mekânsal kendileme, ev yapma pratikleri ve ziyaret mekânlarının simgesel işlevleri çerçevesinde sistematik derleme yöntemiyle değerlendirmektir. Bu bağlamda sistematik derleme tekniği kullanılarak ulusal/uluslararası toplamda 26 çalışmanın tematik ve içerik analizi yapılarak; aidiyet mekanları, ziyaret mekanları ve toplumsal hafızanın yeniden inşası başlıkları altında göç ve mekan ilişkisi ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Göç, mekân, mekânsal aidiyet, mekânsal kendileme, ziyaret mekânları, toplumsal hafıza.

MIGRATION AND SPACE: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE SEMANTIC TRANSFORMATION AND FORMATION OF PLACES OF BELONGING AND VISIT

Abstract

Migration entails not only the geographical relocation of individuals and communities but also the reshaping of their relationships with space, forms of belonging, and collective memories. While seeking to establish themselves in host societies, migrants strive to maintain connections with their past and develop new forms of belonging. In this process, space gains significance beyond its physical dimensions, emerging as a domain in which identity, memory, and social relations are produced. Drawing on the concepts of the production of space, habitus, and social and cultural capital, this study examines how migrants make sense of and transform new spaces through their everyday practices. The arrangement of homes in accordance with cultural habits and the visibility of native languages and cultural symbols in neighborhoods predominantly inhabited by migrants can be interpreted as key indicators of spatial appropriation and the construction of belonging. In this context, the home serves as

© 2026 ISARC Academy

a space in which privacy, security, and cultural continuity are maintained, while also representing the pursuit of establishing roots and achieving permanence in a new place.

Another focus of the study is the role of places of visit in sustaining migrant identity and collective memory. Visits to countries of origin, family graves, and places of former residence, as well as the reinterpretation of religious and cultural sites, are examined as practices that establish connections between the past and the present. Accordingly, places of visit are regarded as social spaces in which identity is reproduced and intergenerational memory is transmitted.

The aim of this study is to examine the relationship between migration and space through a systematic literature review, focusing on the sense of belonging, spatial appropriation, home-making practices, and the symbolic functions of places of visit. Using a systematic review methodology, the study conducts a thematic and content analysis of 26 studies from national and international literature. The relationship between migration and space is explored under three main themes: places of belonging, places of visit, and the reconstruction of collective memory.

Keywords: Migration, space, spatial belonging, spatial appropriation, places of visitation, collective memory.

1. Giriş

Göç, bireylerin coğrafi olarak yer değiştirmesinin ötesinde aynı zamanda ekonomik, sosyokültürel ve psikolojik boyutları da içine alan çok boyutlu bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Küreselleşmeyle beraber giderek daha farklılaşan göç akımları, göçmenlerin kimliklerini, gündelik pratiklerini ve sosyal/kültürel sermayelerini de dönüştürmektedir. Bu dönüşüm sürecinde hem göçmenlerin yeni yaşam ortamlarına uyum sağlama süreçleri hem de geride bıraktıkları yerlerle sürdürdükleri kültürel, sembolik ve duygusal bağların göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Göç sosyolojisi ve kentle ilgili çağdaş yaklaşımlarda, mekân ya da yer denilen olgu, toplumsal ilişkiler ve gündelik pratikleri aracılığıyla sürekli yeniden üretilen ve anlam kazanan bir olgu olarak ele alınmaktadır. Schmid (2022) tarafından da vurgulandığı üzere, insanların yaşadıkları fiziksel uzamı (space) anlamlandırmaları, o uzamın kişisel ve kolektif birer "yer" haline gelmesini sağlamaktadır. Bu çerçevede göç, fiziksel bir yer değişikliği çerçevesi içinde değerlendirilemez. Nitekim göç aynı zamanda mahremiyet, güvenlik, aidiyet duygusu ve "ev" hissinin yeniden biçimlenmesini de kapsamaktadır. Bir bireyin yerleşik yaşam ortamından göç etmesi, yerinden edilme hissini derinleştirerek sosyal ve kültürel sermayesinin (çoğu zaman ekonomik sermayesinin de) sıfıra inmesine yol açmaktadır. Çünkü anılar, geçmişteki deneyimler ve sembolik anlamlar, mekanların aidiyet duygusunun geliştiği anlamlı alanlara dönüştüğü için bireyin kimliği de bu ortamda şekillenmektedir.

Göçmenlerin mekanla kurdukları ilişkisel yapı iki temel eksen üzerinden değerlendirilebilir. Bunlardan birisi olan aidiyet mekanları, göçmenlerin mahremiyet, güvenlik ve "ev kurma" gibi uygulamalar yoluyla kendilerine ait bir yaşam alanı inşa ettikleri süreci yansıtmaktadır. Örneğin konutlar, etnik kümelenmenin meydana geldiği mahalleler, alışveriş yapılan caddeler, ibadet yerleri, mülkler ile mezarlıklar bu çerçevede değerlendirilebilir. Bu gibi mekanlar, günlük yaşamın sürdürülmesinin yanında, sosyal ilişkilerin, kültürel pratiklerin ve sosyal kimliğin yeniden üretilmesinde de rol oynamaktadır. Bu sebeple Lefebvre (1991), mekânı önceden belirlenmiş ve değişime kapalı bir alan olarak değil, kullanıcıların pratikleri, algıları ve yaşantıları aracılığıyla sürekli yeniden üretilen toplumsal bir ürün olarak ele almaktadır. Öte taraftan ziyaret mekanları, göçmenlerin menşe ülkeleriyle, atasal memleketleriyle ve kolektif anılarıyla bağ kurdukları alanları ifade etmektedir. Arkadaş ve akraba ziyaretleri (İngilizce VFR olarak kısaltılan), diaspora turizmi, anıtlar, kutsal mekanlar, anıları canlandıran mekanlar ve pazar yerleri esasında geçmişle olan ilişkilerin ve ulusötesi bağların sürdürülmesine katkıda bulunmaktadır. Göçmen hem aidiyet hem de ziyaret mekanları yoluyla toplumsal hafızayı yeniden inşa etme sürecine girmektedir. Ne geçmişle tam olarak bir bağ ne de geçmişle tüm bağı kesme durumu gerçekleşmektedir.

© 2026 ISARC Academy

Bu çalışmanın amacı, toplumsal hafızanın yeniden inşası sürecinde aidiyet ve ziyaret mekanlarının anlamsal dönüşümünü ve yapılandırılmasını değerlendirmek üzere, PRISMA 2020 raporlama standartlarına uygun olarak sistematik derleme tekniğiyle ulusal ve uluslararası literatürü göç ve mekan arasındaki ilişki bağlamında ele almaktır. Sistematik derleme sürecine uygun olarak yürütülen literatür taraması, kaynak seçimi kriterleri ve veri çıkarma süreçleri özetlendikten sonra, taramaya dahil edilen yayınların içerikleri, aidiyet mekanları, ziyaret mekanları ve toplumsal hafızanın yeniden inşası temaları altında yorumlanmaktadır.

2. Yöntem

2.1. Araştırma deseni

Göçmenlerin aidiyet ve ziyaret mekanlarıyla ilgili literatürü ortaya koymak amacıyla sistematik derleme deseni baz alınarak veriler toplanmıştır. Derlemenin raporlanması ve sistematik bir şekilde sınıflandırabilmesi için PRİSMA 2020 kullanılmıştır (Page vd., 2021). Kaynakların taranması, belirlenmesi, uygunluk değerlendirmesi ve konuya uygun olanların dahil edilmesi Şekil 1'deki akış şemasıyla sunulmuştur. Araştırma aşağıdaki sorulara yanıt aramaktadır:

1) Göç literatüründe aidiyet ve ziyaret mekânları hangi bağlamlarda ele alınmaktadır?

2) Bu mekânlar hangi yöntem yaklaşımıyla incelenmiştir?

3) Yerli ve yabancı literatür bu mekânları nasıl kavramsallaştırmaktadır?

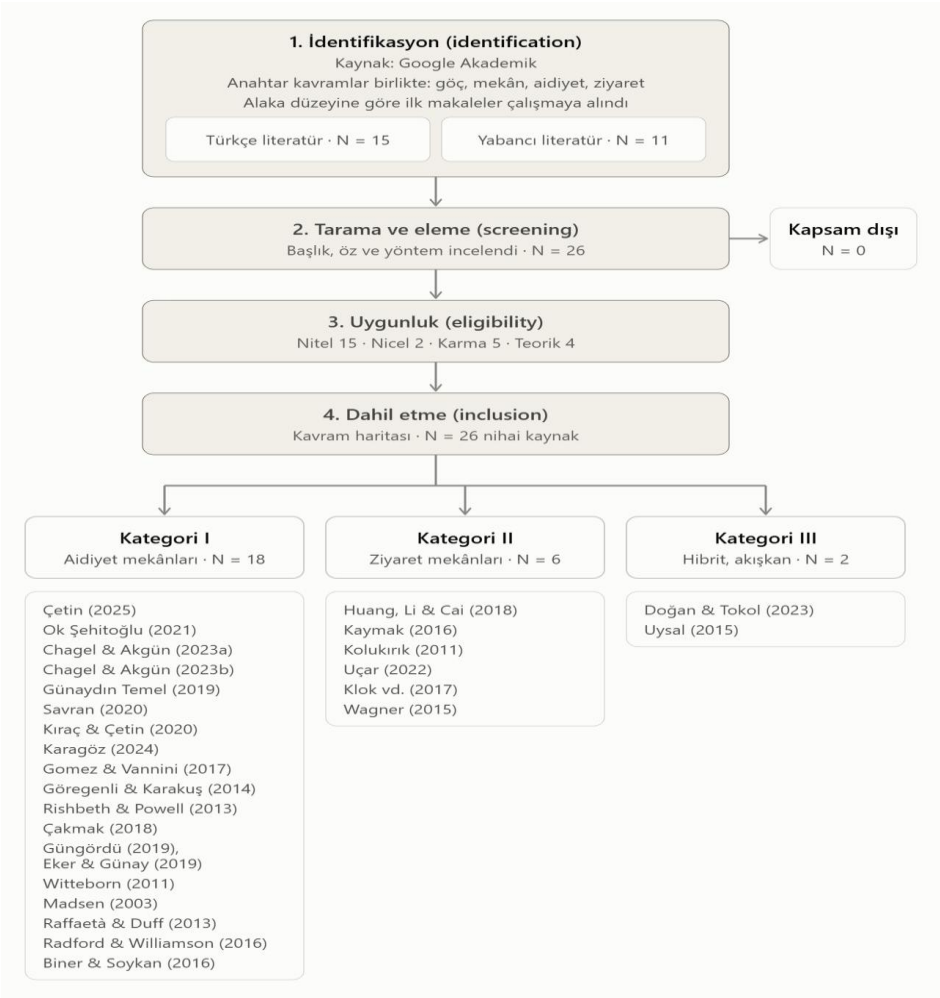
2.2. Kaynakların belirlenmesi

Literatür taraması Google Akademik üzerinden "göç", "mekân", "aidiyet" ve "ziyaret" anahtar kavramları birlikte kullanılarak (İngilizce olarak "migration, place/space, belonging/place attachment, visit/diaspora tourism" kelimeleri kullanılarak yabancı dilde kaynaklara ulaşılmıştır.) arama sonuçları arasından konuyla en alakalı makaleler çalışma kapsamında dahil edilmiştir. Şekil 1 de görüldüğü üzere toplam 26 yayından oluşan sistematik derleme kaynaklarının 15'i Türkçe, 11'i yabancı dildedir.

Kaynaklar belirlendikten sonra 26 yayının başlık, özet ve yöntem bölümleriyle birlikte göç, mekân, yer aidiyeti, ev yapma, ziyaret ve diaspora kavramları açısından incelenmiştir. 26 yayının tamamı tam metin düzeyinde okunmuş ve yöntemlerine göre sınıflandırılmıştır. Çalışmaların 15'i nitel, 2'si nicel, 5'i karma yöntemli, 4'ü derleme veya kuramsal çalışma niteliğindedir. Sonuçta 26 yayın analize dâhil edilmiştir.

© 2026 ISARC Academy

Şekil 1: Kaynak Belirleme Aşamaları



2.3. Dâhil etme ve dışlama kriterleri

Dâhil etme ölçütleri şunlardır: göçmenlerin yaşadığı veya ziyaret ettiği mekânları, yer aidiyetini, ev yapma pratiklerini ya da diaspora ilişkilerini konu edinmesi; tam metnine erişilebilmesi, Türkçe veya İngilizce yayımlanmış olması.

Dışlama ölçütleri ise konunun mekânsal boyut içermemesi, tam metne ulaşılamaması olarak belirlenmiştir.

2.4. Veri çıkarımı

Tablo 3 de görüldüğü üzere her yayın için yayın adı, yazar(lar) ve yıl, yöntem ve saha/örneklem, mekân ve kaynak kategorisi (Türkçe/yabancı), temel bulgular ve mekânsal çözümleme alanlarından oluşan bir veri seti tablosu hazırlanmıştır. Veriler bu tabloya her çalışmanın tam metninden aktarılmıştır.

2.5. Veri analizi

Veriler kategorik ve tematik içerik analiziyle çözümlenmiştir. Çalışmalar önce mekânın niteliğine göre üç ana temaya ayrılmıştır: aidiyet mekânları (yerleşilen ve yaşanan mekânlar), ziyaret mekânları (atasal ve mobil mekânlar gibi), hibrit/akışkan mekânlar ile toplumsal hafızanın yeniden inşası (Şekil 2). Daha

© 2026 ISARC Academy

sonra bu temalar altında içeriğe göre belli kategorik başlıklar belirlenmiştir. Bu tema ve kategorik başlıklar altında araştırma sonuçları yorumlamaya tabi tutulmuştur.

3. Bulgular

Yapılan tematik analiz sonucunda aşağıda görüldüğü üzere bazı başlık ve alt başlıklar elde edilmiştir. Sistematik derlemeye dahil edilen kaynakların içerik sınıflandırmasının yapılmasıyla göç ve mekan ana konusuna uygun şekilde temalar elde edilmiştir. Şekil 2'de, sistematik derlemeye dahil edilen çalışmalardan elde edilen içerikler üç ana kategori altında gruplandırılmıştır: aidiyet mekanları, ziyaret mekanları ve toplumsal hafızanın yeniden inşası. Ev ölçeği, mahalleler ve etnik kümeler gibi alt başlıkların yanı sıra doğal ve kentsel çevreyi de içeren aidiyet mekanları, göçmenlerin yeni yerleşim yerlerinde kurdukları ev, komşuluk ve kamusal yaşam arasındaki ilişkileri ortaya koymaktadır. Öte yandan, ziyaret edilen yerler, kamusal alanları, sosyal ve kültürel mekanları, ayrıca menşe yerlerini ve anma mekanlarını kapsamaktadır. Bu yerler, göçmenlerin hem yaşadıkları şehirde hem de menşe yerlerinde kullandıkları, içinden geçtikleri ve anıları aracılığıyla bağ kurdukları alanları içermektedir. Üçüncü kategori olan toplumsal hafızanın yeniden inşası ise bu iki mekân türünü birbirine bağlayan kapsayıcı bir süreç olarak ele alınmaktadır. Kültürel hafızanın nesneler ve anılar aracılığıyla nasıl aktarıldığını ortaya koymakta ve zaman ile mekânın akışkanlığı içinde "hem orada hem de burada" olarak şekillenen, iki yönlü ve sürekli gelişen kimliği vurgulamaktadır.

© 2026 ISARC Academy

Şekil 2: Tematik/Kategorik Sınıflandırma



Yukarıda ele alınan temalar ve alt temalar bağlamında sistematik derlemeye dahil edilen kaynakların içerikleri aşağıdaki başlıklar altında yorumlamaya tabi tutulmuştur.

3.1. Aidiyet Mekânları

Sistematik derlemeye esas olan kaynakların ortak temaları ve kategorik sınıflandırmaları göz önünde bulundurularak yapılan analiz sonucunda aşağıdaki gibi konu başlıkları elde edilmiştir. Göçmen açısından aidiyeti pekiştiren mekanların inşa edilmesi veya inşa edilmiş mekanlara aidiyet geliştirilmesi toplumsal hafızanın güçlendirilmesine yönelik bir çabayı yansıtmaktadır. Aidiyet mekanlarının mikro, mezo ve makro düzeyde tezahürleri aşağıdaki gibi ele alınmıştır.

3.1.1. Mikro Ölçek: Konut, Ev Yapma ve Mekânsal Kendileme

Zorunlu veya gönüllü yer değiştirme, yerleşik yaşam çevrelerinin kesintiye uğramasına, evin kaybına, mahremiyetin zedelenmesine ve varoluşsal güvenliğin sarsılmasına neden olmaktadır (Çakmak, 2018). Bu nedenle gidilen ülkede yeniden bir ev duygusunun oluşturulması, psikolojik açıdan temel bir gereksinim hâline gelmektedir (Gomez ve Vannini, 2017).

Göçmenler bu gereksinimi, konutlarının iç mekânlarını kültürel habituslarına uygun hâle getirerek ve hafızanın sürekliliğini koruyarak karşılamaya çalışmaktadır (Chagel & Akgün Gültekin, 2023a, 2023b).

© 2026 ISARC Academy

İstanbul'daki Suriyeli mülteci ailelerin, Suriye'de kaybettikleri evlerinin mobilya düzenini yeni konutlarında yeniden oluşturdukları, oturma odasındaki koltuğu girişin solundaki köşeye yerleştirmek gibi ayrıntılarla yabancı bir mekânı tanıdık hâle getirdikleri ve hafızalarını nesneler üzerinden sürdürdükleri belirtilmektedir (Ok Şehitoğlu, 2021). İç mekândaki değişiklikler bazen de mahremiyetin korunmasına yönelik olmaktadır. Göçmenler yaşam alanlarını birbirinden ayırmak için kalın perdeler, paravanlar veya bölücüler kullanabilmekte, kadınların dışarıdan gözlemlenmeden sosyalleşebilmesi için balkonları branda ya da perdelerle kapatabilmekte (Karagöz, 2024), geleneksel yemek alışkanlıklarını sürdürmek için yer sofrası veya katlanabilir masalardan yararlanabilmektedir (Chagel & Akgün Gültekin, 2023a). Bu kültürel dizayn dış mekâna da uzanmaktadır. Konutların cephelerine ve girişlerine Arapça el yazısıyla tabelalar yerleştirilmesi (örneğin "Halep" yazılması), dış mekânı kültürel açıdan sahiplenmeyi sağlamakta ve fiziksel yapıları tanıdık mekanlara dönüştürmektedir (Günaydın Temel & Kahraman, 2019).

Buna karşılık kentsel dönüşüm, tahliye tehdidi veya yüksek kira maliyetleri nedeniyle sık sık konut değiştirmek zorunda kalmak, gündelik rutinleri kesintiye uğratmakta, mekâna uzun vadeli yatırım yapılmasını güçleştirmekte (Karagöz, 2024; Biner & Soykan, 2016) ve yere bağlılığı önemli ölçüde zayıflatmaktadır (Gomez & Vannini, 2017). Sığınma merkezleri ve kamp rejimi gibi mekânsal sınırlandırmalar da göçmenlerin uzun vadeli aidiyet kurmasını engellemektedir (Madsen, 2003; Witteborn, 2011). Başka bir açıdan bakıldığında konut ve konut çevresinden duyulan memnuniyetin ise kentsel bütünleşme ve aidiyetin gelişmesiyle ilişkili olduğu söylenebilir (Güngördü, 2019).

3.1.2. Mezo Ölçek: Etnik Yerleşim Alanları, Mahalleler ve Ticari Caddeler

Mahalle ölçeğinde mekânsal aidiyet, mekânsal kümelenme (Çetin, 2025) ve toplumsal sermaye (Chagel & Akgün Gültekin, 2023a) aracılığıyla gelişmektedir. Ankara Altındağ Önder Mahallesi'nde "Küçük Halep" olarak anılan alanlar (Günaydın Temel & Kahraman, 2019; Savran, 2020), Adana'daki Mirzaçelebi Caddesi'nin "Suriyeliler Caddesi" şeklinde tanımlanması (Kıraç vd., 2020) ve Samsun İlkadım'daki Saadet Caddesi (Karagöz, 2024), göçmenlerin kendilerini korunaklı hissettikleri ve ortak kimliklerini sürdürebildikleri "biz alanları" olarak işlev görebilmektedir.

Bu yerleşim alanlarında ana dilde ticari tabelalar, etnik ürünlerin satıldığı pazarlar, haftalık Halep Pazarı gibi alışveriş alanları ve tanıdık fırınlar ya da dükkânlar bulunmaktadır (Kıraç vd., 2020; Savran, 2020). Bu mekânlar, yeni gelen göçmenlerin dil engeline daha az maruz kalarak gündelik yaşamlarını sürdürmelerine olanak tanımakta, gurbet ve memleket özlemini hafifletmekte ve karşılıklı dayanışma yoluyla yerel mekânsal aidiyetin gelişmesine katkıda bulunmaktadır.

3.1.3. Makro ve Sembolik Ölçek: Mülkiyet Sahipliği ve Mezar Mekânları

Yerleşme süreci derinleştikçe aidiyet mekânları, kalıcılığın hukuki ve sembolik göstergelerini de kapsayacak biçimde genişlemektedir. Ev sahibi ülkede gayrimenkul satın almak, geçici kiracılık konumundan uzun vadeli mekânsal yatırıma geçişi simgelemekte ve sembolik anlamda kökleşmeye işaret etmektedir. Menşe ülkedeki evin artık mevcut olmaması ise geri dönüşü güçleştirebilmekte ve göçmenin mekânsal bağlılığının gidilen ülkede yoğunlaşmasına yol açabilmektedir (Çetin, 2025).

Mezarlıklar da topluluk sınırlarının ve aidiyet ilişkilerinin sembolik olarak belirginleştiği mekânlar arasındadır (Çetin, 2025). Aile üyelerinin ölümünden sonra ev sahibi ülkede defnedilmelerine karar verilmesi, o topraklarla uzun vadeli bir bağ kurulduğunun önemli bir göstergesi olarak değerlendirilebilmekte ve kimliğin ile aidiyetin yaşanılan ülkenin topraklarına bağlanmasını simgelemektedir (Çetin, 2025; Uysal, 2015). Buna karşılık ilk kuşak göçmenlerin kendi istekleri doğrultusunda atalarının köyüne veya memleketlerine defnedilmeyi tercih etmeleri, köken coğrafyasıyla kurdukları aidiyet bağını sürdürdüklerini göstermektedir (Uysal, 2015).

© 2026 ISARC Academy

3.1.4. Kamusal Mekânlar, Parklar ve Akışkan Kentsel Geçiş Alanları

Konutların ve etnik yerleşim alanlarının ötesinde, kamusal altyapı da kent ölçeğinde aidiyetin oluşumunu etkileyebilmektedir. Kentsel parklar ve doğal peyzajlar sosyalleşme ve dinlenme olanakları sunmakta (Göregenli & Karakuş, 2014; Radford & Williamson, 2016; Raffaetà & Duff, 2013); göçmenlerin geçmişteki doğal çevrelerine ilişkin duyusal anılarını yeni yaşam çevreleriyle ilişkilendirmelerine imkân tanıyarak yabancılaşma duygusunun hafifletilmesine katkıda bulunmaktadır (Rishbeth & Powell, 2013).

Günümüzün yüksek hareketlilik içeren göç bağlamlarında ise aidiyet her zaman sabit köklere bağlı olarak gelişmemektedir. Benjamin'in flâneur kavramı ve Deleuze'ün göçebelik düşüncesinden hareketle bazı göçmenler aidiyeti geçici bir süreç olarak görmektedirler (Doğan & Tokol, 2023). Bu kişiler için kentsel güzergâhlar, eşikler ve pasajlar gibi geçiş alanları, gündelik deneyimler ve anılarla geçici aidiyet mekânlarına dönüşebilmekte; böylece bireyler belirli bir yere kalıcı olarak bağlanmaksızın sürekli hareketlilik ve deneyim aracılığıyla "her yerde evinde hissetme" durumunu yaşayabilmektedir (Maya-Jariego & Armitage, 2007).

3.2. Ziyaret Mekânları

Sistematik derleme kaynaklarının tematik sınıflandırması sonucunda ortaya konan ikinci başlık ziyaret mekanlarıdır. Ziyaret mekanlarından kasıt kişinin toplumsal hafızasını yeniden inşa sürecinde geçmişe yönelik anıları yeniden canlandırmak, geçmişin izlerinde yeniden yürümek için yapılan çaba kastedilmektedir. Göçmen bir yandan sahipleneceği yeni mekanlar oluştururken diğer taraftan aidiyet hissedeceği eski mekanları veya ortamları aramaktadır. Dolayısıyla aşağıda ele alındığı üzere bu arayışın sonucunda bazı ziyaret mekanları ön plana çıkmaktadır.

3.2.1. Atalar Memleketi, Diaspora Turizmi ve Kuşaklar Arası Değişimler

Köken ülkeye yapılan geri dönüş ziyaretleri; diaspora turizmi, kök turizmi (roots tourism) veya arkadaş ve akraba ziyareti (visiting friends and relatives – VFR) gibi farklı kavramlarla tanımlanmakta (Huang vd., 2018; Wagner, 2015) ve sınır ötesinde akrabalık ilişkilerinin ve kültürel bağların sürdürülmesini sağlayan temel mekanizmalardan biri olarak işlev görmektedir. Bu ziyaretlerin mekânsal ölçeği kuşaklara göre değişmektedir. Kuzey Amerika'daki Çin diasporası üzerine yapılan araştırmaya göre, çocukluğuna ilişkin doğrudan anıları olan birinci kuşak göçmenler atalarının yaşadığı belirli memleketlere (atasal memleket) güçlü biçimde bağlanmakta ve ziyaretlerini çoğunlukla bu yerlerle sınırlamaktadır. İkinci ve sonraki kuşaklar ise ülke veya ulus ölçeğinde daha genel bir aidiyet geliştirmekte, seyahatlerini tek bir köy ya da kasabayla sınırlamak yerine köken ülkenin farklı bölgelerine yaymaktadır (Huang vd., 2018). Kuşaklar değişse de ailevi yükümlülükler ve toplumsal bağlar dönüş ziyaretlerinin en güçlü motivasyonları arasında kalmakta (Huang vd., 2018; Klok vd., 2017); yaşlanan akrabaları ziyaret etmek, ataları anmak ve topluluk anma törenlerine katılmak bu motivasyonların başlıcalarını oluşturmaktadır.

Londra'daki Türk ve Kıbrıslı göçmenlerde de birinci kuşak, ata evini, tarlaları ve meyve bahçelerini görmek için her yaz memleketine dönmektedir (Uysal, 2015). Köken ülkede gayrimenkul satın almak veya ata evini korumak ise "geri dönüş miti"nin canlı kalmasını sağlamakta ve dönemsel ziyaretlere fiziksel bir dayanak oluşturmaktadır (Ok Şehitoğlu, 2021; Klok vd., 2017).

3.2.2. Hareketli Ritüeller ve Pazar Etkileşimleri Aracılığıyla Aidiyetin Deneyimlenmesi

Köken ülkeye yapılan ziyaretler yalnızca pasif bir konaklama süreci değildir. Wagner'ın (2015) da belirttiği üzere bu ziyaretler, göçmenlerin yerel halkla ilişkilerini ve toplumsal konumlarını müzakere ettikleri aktif sosyokültürel pratikleri içermektedir. Avrupa'da yaşayan Fas kökenli göçmenlerin sonraki kuşaklarının arkadaş ve akraba ziyaretlerine ilişkin dilbilimsel ve etnografik araştırma, aile evinin

© 2026 ISARC Academy

dışındaki etkinliklerin de kimlik müzakeresinin yürütüldüğü mekânlara dönüştüğünü göstermektedir (Wagner, 2015). Pazarlarda alışveriş yapmak ve yerel satıcılarla pazarlık etmek bu pratikler arasındadır. Ziyaretçiler yerel ağızdan ifadeler kullanarak ya da pazarlıkta ülkede yaşayan akrabalarını araya sokarak "yerli olma" deneyimini kurmaya çalışırken, satıcılar onları çoğunlukla yurt dışından gelen "hareketli Faslılar" veya dışarıdan ziyaretçiler olarak sınıflandırmaktadır. Böylece aidiyet iddiası ile yerel halk tarafından tanınma arasındaki gerilim görünür hâle gelmektedir.

Aidiyet, bedensel ve gündelik pratiklerle de yeniden üretilmektedir. Batı Avrupa'da yaşayan ileri yaştaki birinci kuşak Türk Alevi göçmenler üzerine yapılan çalışma, yaz aylarında Anadolu'daki memleket köylerine (Orun) yapılan ziyaretlerin sağlık ve duygusal yenilenme açısından yarar sağlayabildiğini göstermektedir (Klok vd., 2017). Göçmenler organik bahçe yetiştirmekte, taze meyve toplamakta ve yerel cemevinde bir araya gelmektedir. Köy ziyareti böylece bedensel deneyim, gündelik pratik ve toplumsal ilişkiler yoluyla aidiyetin yeniden üretildiği iyileştirici bir deneyime dönüşmektedir.

3.2.3. Hafıza Mekânları, Sürgün ve Tarihsel Travmaların İyileştirilmesi

Zorunlu göç, tehcir veya sürgünden etkilenen topluluklar için ziyaret mekânları, kolektif hafızayı canlı tutan ve tarihsel travmaların hatırlanmasını sağlayan hafıza mekânları olarak işlev görmektedir (Kaymak, 2016; Kolukırık, 2011; Uçar, 2022). Atina'da yaşayan İstanbullu Rum göçmenler için İstanbul, kimlik ve hafıza açısından merkezi bir duygusal dayanaktır. Pera, Büyükada ve Burgazada gibi geçmişte yaşanan semtlere ve Fener Rum Patrikhanesi gibi kutsal mekânlara yapılan dönemsel ziyaretler çocukluk anılarını canlandırmakta; 1955 Pogromu ile 1964 sürgününün travmatik hafızası ile geçmişin nostaljik hatıraları arasında bağ kurulmasına olanak tanımaktadır (Kaymak, 2016).

ABD'nin Utah eyaletinde yaşayan Ahıska Türkleri için 1944 sürgününde Ahıska ve Özbekistan'da bırakılan evler, topraklar, meyve ağaçları ve aile mezarları, sürgün anlatılarıyla korunan kutsal sembollerdir; ataların köylerini ve mezarlarını ziyaret etme arzusu da etnik kimliğin kuşaklar boyunca sürmesinde merkezi bir rol oynamaktadır (Kolukırık, 2011). Çerkes diasporasında ise Türkiye'deki Kefken sahilinde bulunan anıt ve mezarlık alanları ile Kuzey Kafkasya'ya yapılan dönemsel ziyaretler, 1864 sürgününün kurbanlarını anmaya hizmet eden ritüel mekânlar olarak öne çıkmaktadır. Bu ziyaretler ortak tarihsel hafızanın kuşaklar arasında aktarılmasına ve topluluk dayanışmasının güçlenmesine katkı sağlamaktadır (Uçar, 2022).

3.2.4. Ataların Mezarları, Mezar Ziyareti ve Sembolik Kökleşme

Mezarlıklar ve defin alanları, topluluk sınırlarının belirlenmesi ve mekânsal bağlılığın ifade edilmesi açısından güçlü sembolik anlamlar taşımaktadır (Çetin, 2025). Birinci kuşak göçmenler memleket köylerine döndüklerinde sıklıkla ilk olarak aile mezarlarını ziyaret etmekte; ata mezarları başında saygı göstermek, bireyin kişisel tarihinin ve aile geçmişinin o topraklarla derin bir bağ içinde olduğunu kabul etmesi anlamına gelmektedir.

Bireyin nereye defnedilmeyi tercih ettiği de mekânsal aidiyetin en güçlü ifadelerinden biridir. Birinci kuşak göçmenler sıklıkla atalarının yaşadığı memleket köyüne gömülmek isterken (Uysal, 2015), vefat eden aile üyelerinin göç edilen ülkede defnedilmesi sembolik açıdan kökleşmeye ve yeni topraklarla uzun vadeli bir aidiyet ilişkisine işaret edebilmektedir (Çetin, 2025). Bu tercihler, köken ülkeye bağlılık ile yerleşilen ülkede kalıcılık arasındaki ikilemi görünür kılmaktadır.

3.2.5. Sınır Ziyaretleri, İnanç Yürüyüşleri ve Akışkan Güzergâhlar

Ziyaret mekânları, köken ülkeye dönüşlerin yanı sıra geçici, transit veya kültürler arası ziyaret pratiklerini de kapsamaktadır. Türkiye'deki Suriyeli mülteciler üzerine yapılan bazı araştırmalar (Biner & Soykan, 2016; Çetin, 2025), bazı göçmenlerin dinî bayramlarda Suriye sınırını geçerek güvenli bölgelere kısa süreli ziyaretler yaptığını ve geride kalan aile üyeleriyle görüştüğünü ortaya koymaktadır.

Çok kültürlü ev sahibi kentlerde düzenlenen "Topluluk ve İnanç Yürüyüşleri" ise öğrencileri ve yerel halkı mahallelerdeki cami, kilise ve sinagog gibi ibadet mekânlarını ziyarete bir araya getirmekte, bu yapıları kültürler arası karşılaşma ve toplumsal bütünleşme alanlarına dönüştürmektedir (Topçu Campagna & Berk, 2019).

3.3. Toplumsal Hafızanın Yeniden İnşası

Yukarıda değinildiği üzere aidiyet ve ziyaret mekanlarının oluşturulma çabası, anlamlandırılması ve yapılandırılması aynı zamanda toplumsal hafızanın yeniden inşasına yöneliktir. Bu sebeple göçmenlerin mekana ait olma adına verdiği bu çaba içinde taşıdığı bir eksikliği tamamlamaya yönelik olmaktadır. Yer denilen mekan, bir bakıma toplumsal olarak oluşturulmuş, kişiye bir kimlik kazandırmış ve açıkçası toplumsal ve kültürel sermayesinin de taşıyıcısı olmuştur. Yerin terk edilmesi tüm bu kültür, kimlik ve aidiyet unsurlarını da bozuma uğratmaktadır. Bu sebeple göçmenin aidiyeti veya aidiyetsizliği yokluğun farklı şekilleriyle hissedilmektedir.

***Çift yönlü aidiyet*:** Zorunlu göç ve sürgün, göçmenlerin kimliğini hem geride bırakılan mekâna hem de yerleşilen mekâna bağlayan çift yönlü bir yapıya dönüştürmektedir. Bu yapının ilk ayağı, kolektif travmanın ve hafızanın kuşaklar boyunca aktarılmasıdır (Kaymak, 2016; Kolukırık, 2011; Uçar, 2022). Atina'da yaşayan İstanbullu Rumlar için 1955 Pogromu, 1964 Sürgünü ve Kıbrıs krizleri kimliği belirleyen "seçilmiş travmalar" olarak öne çıkmakta (Kaymak, 2016), İstanbul ise kaybedilmiş ev yaşamını ve duygusal mirası temsil eden başlıca hafıza mekânı olmaktadır. Aile anlatıları, fotoğraflar ve şarkılar yoluyla bu travma, olayı yaşamamış genç kuşaklara da geçmekte ve Marianne Hirsch'in post-bellek (postmemory) kavramıyla tanımladığı biçimi almaktadır. Örneğin Çerkes diasporasında Kefken sahilindeki anıt mezarlar ve her yıl 21 Mayıs'ta düzenlenen anma törenleri 1864 Sürgünü'nün mekânsal karşılığını oluşturmaktadır (Uçar, 2022). Benzer şekilde Ahıska Türklerinde ata toprakları, ağaçlar ve aile mezarları etnik kimliği ve topluluk dayanışmasını kuşaklar boyunca taşıyan sembolik dayanaklardır (Kolukırık, 2011).

Yapının ikinci ayağında ise geride bırakılan mekân, yerleşilen mekânda yeniden kurulmaktadır. Konut ölçeğinde İstanbul'daki Suriyeli mülteci aileler, Suriye'de bıraktıkları evin mobilya düzenini yeni konutlarında birebir oluşturmakta; kanepenin girişin solundaki köşeye yerleştirilmesi gibi ayrıntılar yabancı bir kiralık daireyi tanıdık bir eve dönüştürmektedir (Ok Şehitoğlu, 2021). Mahalle ölçeğinde de benzer bir süreç işlemektedir: Ankara Altındağ Önder Mahallesi'ndeki "Küçük Halep" (Günaydın Temel ve Kahraman, 2019) ve Adana'daki Mirzaçelebi Caddesi (Kıraç vd., 2020) gibi alanlarda Arapça dükkân tabelaları, sokaklara serilen halılar (Günaydın Temel ve Kahraman, 2019) ve kumaşla kapatılan balkonlar (Karagöz, 2024) Halep'in tanıdık kentsel yaşam biçimlerini yeni mekâna taşımakta; bu alanlar koruyucu birer "biz alanına" dönüşmektedir (Savran, 2020).

İki mekân arasındaki bağı ziyaretler canlı tutmaktadır. Köken köylere ve ata evlerine yapılan dönemsel ziyaretler ile ata mezarlarının ziyaret edilmesi, göçmenlerin kişisel biyografilerini kökensel bağlarıyla yeniden buluşturmaktadır (Kolukırık, 2011; Uçar, 2022). İleri yaştaki birinci kuşak göçmenler için memleket köyünde bahçeyle uğraşmak ya da cemevinde bir araya gelmek, bedensel deneyim yoluyla duygusal yenilenme sağlamakta ve kültürel mirasa ilişkin hafızayı güçlendirmektedir (Klok vd., 2017). Her ne kadar bu aidiyet dayanakları farklı pratiklerle güçlendirilmeye çalışılsa da en nihayetinde göçmen çifte bir yoklu içerisine girmektedir. Ne oraya ne de buraya ait olabilmenin verdiği sıkışmışlığın içerisinde debelenmektedir.

***Oluş halinde kimlik*:** Günümüzün hareketlilik temelli bağlamında yeni-göçmenlik, aidiyeti sabit köklerden koparıp dinamik bir nitelik kazandırmaktadır (Doğan ve Tokol, 2023). "Hafızadaki ev" ile "oluşmakta olan ev" arasındaki ilişki, sürekli yeniden kurulan bir aidiyet deneyimi doğurmaktadır (Uysal, 2015). Göçmenler kentsel güzergâhlar, pasajlar ve geçici eşikler boyunca ilerledikçe geçmişe ait anılarını şimdiki zaman deneyimleriyle üst üste bindirmekte, böylece aidiyet, yolculuğun kendisi

© 2026 ISARC Academy

içinde biçimlenen akışkan bir sürece dönüşmektedir (Doğan ve Tokol, 2023). Bu sürecin sonucunda da akışkan kimlikli mobil göçmen tipinin ortaya çıktığını söylemek mümkündür.

Sonuç

Toplam 26 adet kaynağın sistematik derlemesiyle yapılan bu araştırma sonucunda bazı tematik başlıklar elde edilmiştir. Göç ve mekan konusuna yönelik bu başlıklar aidiyet mekanları, ziyaret mekanları ve toplumsal hafızanın yeniden inşası olarak ortaya konmuştur. Farklı kaynakların ortak noktaları bulunarak yapılan sınıflandırma soncunda elde edilen bulgularda genel manada göçmenlerin toplumsal hafızayı yeniden inşa etmek için bir yandan kendisini ait/evinde hissedebileceği mekanları inşa etme, bir yandan da aidiyeti yansıtan mekanları ziyaret etme çabasına girdiği tespit edilmiştir. Gerek ulusal gerekse uluslararası çalışmaların çoğunluğu mekanı aidiyetin vazgeçilmez bir unsuru olarak ele almaktadır. Her ne kadar Benjamin'in flanör olarak nitelendirdiği yeni göçmenlerin aidiyeti, kök salma konusunda sorunlu olsa da genel manada göçmenlerin sosyal ve kültürel sermayesinin oluştuğu mekanlar derin bir anlam ifade etmektedir. Esasında göçmenler bu anlamı yeniden bulmak adına gerek ev sahibi toplumda gerekse arkada bıraktığı memleketinde farklı aidiyet biçimleri geliştirmektedir.

Kaynakça

Biner, Ö., & Soykan, C. (2016). *"Bize misafir dediler. Söyleyiniz, kimdir misafir? Var mıdır kanunda karşılığı?": Suriyeli mültecilerin perspektifinden Türkiye'de yaşam*. Mülteci Dayanışma Derneği (Mülteci-Der) Yayınları.

Chagel, S., & Akgün Gültekin, A. (2023a). Mekân ilişkisinde göçmenlik ve kültürel kodlar: İstanbul örneği. *Göç Dergisi*, 10(2), 119–144.

Chagel, S., & Akgün Gültekin, A. (2023b). Migration, habitus, and social capital in spatial integration. In Cities, *Migration, and Governance* (Chap. 8). Routledge.

Çakmak, F. (2018). Zorunlu göç sürecinde mekânın kaybı ve evin yitimiyle başlayan yersiz yurtsuzluğun ürettiği travmanın psikososyal yansımaları. *Turkish Studies - Social Sciences*, 13(18), 349–364.

Çetin, İ. (2025). Suriyeli mültecilerin yerleşme ve kalıcılaşma eğilimlerinde mekan faktörü. Nosyon: *Uluslararası Toplum ve Kültür Çalışmaları Dergisi*, (15), 212–226.

Doğan, G., & Tokol, H. T. (2023). Yeni-göçmenlik ve mekân: Aidiyetin mekânsal dönüşümünün analizi. *Bodrum Journal of Art and Design*, 2(2), 227–243.

Göregenli, M., & Karakuş, P. (2014). Göç araştırmalarında mekân boyutu: Kültürel ve mekânsal bütünleşme. *Psikoloji Yazıları*, 17(34), 68–80.

Günaydın Temel, D., & Kahraman, N. (2019). Göçmen mahallelerinde konut dış mekânında uyarlama: "Küçük Halep," Önder Mahallesi, Ankara örneği. *Ankara Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 263–281.

Güngördü, F. N. (2019). Küresel göç hareketlerinin kültürel, sosyo-ekonomik ve mekansal etkilerini yerel ölçekten okumak: Bir planlama sorunu olarak Suriyeli mülteci krizi. K. Cihangir Çamur (Ed.), *Göç-Mekan-Siyaset: Toplumsal-mekansal hareketlilikler ve planlama* içinde (ss. 1-27). TMMOB Şehir Plancıları Odası Genel Merkezi.

Karagöz, D. (2024). Suriyeli göçmenlerin mekânsal pratikleri ve toplumsal uyum süreci: Samsun İlkadım'da mekânın üretimi bağlamında bir inceleme (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.

Kaymak, Ö. (2017). Atina'da Yaşayan İstanbullu Rumların Göç Hafızasıyla Beslenen Kimlik İnşaları. *Contemporary Research in Economics and Social Sciences*, *1*(2), 165-195.

© 2026 ISARC Academy

Kıraç, H., & Çetin, İ. (2020). Türkiye'deki Suriyeli nüfusun sosyal ve mekansal görünümü: Adana Suriyeliler Caddesi örneği. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 325–338.

Klok, J., van Tilburg, T., Fokkema, T., & Suanet, B. (2024). 'We love it here and there': Turkish Alevi older migrants' belonging to places. *Social & Cultural Geography*, 25(1), 140–157. https://doi.org/10.1080/14649365.2022.2130414

Kolukırık, S. (2011). Sürgün, toplumsal hafıza ve kültürel göç: ABD'deki Ahıska Türkleri. *Bilig - Türk Dünyası Sosyal Bilimler Dergisi*, (59), 167–190.

Lefebvre, H. (1991). *The production of space* (D. Nicholson-Smith, Trans.). Blackwell.

Li, T. E., & McKercher, B. (2016). Effects of place attachment on home return travel: A spatial perspective. *Tourism Geographies*, 18(4), 359–378.

Madsen, K. D., & van Naerssen, T. (2003). Migration, identity, and belonging. *Journal of Borderlands Studies*, 18(1), 61–75.

Maya-Jariego, I., & Armitage, N. (2007). Multiple senses of community in migration and commuting: The interplay between time, space and relations. *International Sociology*, 22(6), 743–774.

Ok Şehitoğlu, B. (2021). Göçmenlerin mekân tasarımında hafızanın rolü: Fenomenolojik bir araştırma. Doktora Tezi.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *bmj*, *372*. https://doi.org/10.1136/bmj.n71 Peters, K., Stodolska, M., & Horolets, A. (2016). The role of natural environments in developing a sense of belonging: Comparative study of immigrants in the U.S., Poland, the Netherlands and Germany. *Urban Forestry & Urban Greening*, 17, 63–70.

Raffaetà, R., & Duff, C. (2013). Putting belonging into place: Place experience and sense of belonging among Ecuadorian migrants in an Italian Alpine region. *City & Society*, 25(3), 337–358.

Savran, S. (2020). Suriyeli göçmenlerin kentsel ayrışma boyutları ve gündelik yaşam pratikleri: Ankara Altındağ Önder Mahallesi örneği (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.

Schmid, C. (2022). *Henri Lefebvre and the theory of the production of space* (Z. M. King, Trans.). Verso.

Topçu Campagna, H. & Berk, M. (2019). Kitlesel göç hareketleri ve kültürel miras ilişkisinin tarihi kentsel peyzaj yaklaşımı kapsamında değerlendirilmesi. K. Cihangir Çamur (Ed.), *Göç-Mekan-Siyaset: Toplumsal-mekansal hareketlilikler ve planlama* içinde (ss. 228-255). TMMOB Şehir Plancıları Odası Genel Merkezi.

Uçar, Ş. (2022). Diasporada Kafkas kimliği ve aidiyet hissi üzerine bir derleme çalışması. *USBAD Uluslararası Sosyal Bilimler Akademi Dergisi*, 4(8), 170–184.

Uysal, A. (2015). Londra'daki Türklerde aidiyet ve mekân ilişkisi. *Coğrafya Dergisi*, (30), 61–78.

Wagner, L. (2015). Shopping for diasporic belonging: Doing being 'local' or being 'mobile' as a VFR. *Population, Space and Place*, 21(7), 654–668.

Williamson, R. (2016). Everyday space, mobile subjects and place-based belonging in suburban Sydney. *Journal of Ethnic and Migration Studies*, 42(14), 2328–2344.

Witteborn, S. (2011). Constructing the forced migrant and the politics of space and place-making. *Journal of Communication*, 61(6), 1142–1160.

© 2026 ISARC Academy

Göçmen Aidiyet ve Ziyaret Mekânları Veri Seti Tablosu

No	Kaynak / Yayın adı	Yazar(lar) & Yıl	Metodoloji ve saha / Örneklem	Mekân kategorisi	Kaynak dili	Temel bulgular ve mekânsal çözümleme
AİDİYET MEKÂNLARI (N = 18)						
1	The Spatial Factor in Settlement and Permanence Tendencies	Çetin (2025)	Mekân sosyolojisi analizi / Türkiye genel saha örnekleri	Aidiyet Mekânı	Yabancı	Göçmenlerin yaşanılan ülkede kalıcılaşma ve aidiyet kurma eğilimleri üç temel mekânsal faktörle açıklanmaktadır: Mekânsal kümelenme (terk edilen memleketin mahalle ölçeğinde yeniden inşası), mülk edinme / ev yapma (kendi evine sahip olmanın getirdiği yerleşiklik) ve mezar mekânları. Vefat eden yakınları göç ülkesine defnetmek simgesel bir kökleşme (rootedness) göstergesiyken; anavatanda bir evin kalmaması geri dönüşü imkânsızlaştırarak yeni ülkedeki aidiyeti sabitler.
2	Göç-Hafıza-Mekân Fenomenolojik Bir Araştırma	Ok Şehitoğlu (2021)	Fenomenolojik nitel mülakatlar, gözlem / İstanbul	Aidiyet Mekânı	Türkçe	Zorunlu göç sonrasında hafıza ve nesne ilişkisi konut iç mekânında yeniden üretilmektedir. Suriyeli göçmenlerin eski evlerindeki eşya dizilimini (örneğin kanepenin kapının solundaki köşeye yerleştirilmesi) yeni konutlarında birebir tekrarlamaları, nesne ve gelenek hafızasını canlı tutarak yabancı çevreyi tanıdık kılma ve mekânı "ev" olarak hissetme çabasıdır. Bodrum katlarda yaşamak gökyüzü görünürlüğünü kısıtlayarak aidiyeti zedelerken, eşyalar duygusal tutunma sağlar.
3	Mekân İlişkisinde Göçmenlik ve Kültürel Kodlar: İstanbul Örneği	Chagel & Akgün Gültekin (2023)	Yarı yapılandırılmış mülakat (N=36) / İstanbul (3 ilçe)	Aidiyet Mekânı	Türkçe	İstanbul'un farklı sosyo-ekonomik semtlerinde (Başakşehir, Avcılar, Küçükçekmece) yaşayan Suriyelilerin yer aidiyeti geliştirmesinde sosyal sermaye ve hemşerilik ağları en belirleyici etkendir. Göçmenler habituslarından getirdikleri kültürel kodları konuta yansıtmakta; paravan/perde ile salon bölme, zemin kat girişini bahçeye çevirme ve yer sofrası kurma gibi kendileme (appropriation) pratikleriyle mekânı kişiselleştirmektedirler.
4	Migration, Habitus, and Social Capital in Spatial Integration	Chagel & Akgün Gültekin (2023)	Kitap bölümü nitel çözümlemesi / İstanbul	Aidiyet Mekânı	Yabancı	Bourdieu'nun habitus ve kültürel sermaye teorisi ışığında, göçmenlerin yeni kentteki mekânsal uyumları incelenmiştir. Göçmenlerin bedenselleşmiş alışkanlıklarını yeni konut çevresine aktarma biçimleri (mahremiyet odaklı pencere düzenlemeleri, Kur'an kursu ve hemşerilik mekânları kullanımı), sosyal ağları güçlendirerek yabancılaşmayı engellemektedir.

© 2026 ISARC Academy

No	Kaynak / Yayın adı	Yazar(lar) & Yıl	Metodoloji ve saha / Örneklem	Mekân kategorisi	Kaynak dili	Temel bulgular ve mekânsal çözümleme
5	"Küçük Halep" Önder Mahallesi Konut Dış Mekânında Uyarlama	Günaydın Temel & Kahraman (2019)	Görsel doküman analizi & saha gözlemi / Ankara	Aidiyet Mekânı	Türkçe	Ankara Altındağ Önder Mahallesi'ne yerleşen Suriyeliler, sokak ve konut dış mekânında gerçekleştirdikleri görsel ve fiziksel eklentilerle mahalleyi kendileştirmişlerdir. Arapça dükkân tabelaları, dış mekâna halı/şilte serilmesi, avlu ve sokakların gündelik etkileşim alanı olarak kullanılması, Halep'teki kentsel bellek aktarımını sağlayarak mahalleyi koruyucu bir "biz" alanına dönüştürmüştür.
6	Everyday Life Practices of Syrians in Ankara Altındağ	Savran (2020)	Karma yöntem (benzeşmezlik endeksi + Lefebvre) / Ankara	Aidiyet Mekânı	Türkçe	Ankara kent bütününde Suriyeli göçmenlerin orta-yüksek düzeyde mekânsal ayrışma gösterdiği saptanmıştır. Lefebvre ve De Certeau'nun gündelik yaşam kuramları çerçevesinde, Altındağ'da oluşan etnik kentsel adacıklar (urban enclaves), dışlayıcı kent ortamında göçmenlerin gündelik taktiklerle barınma, çalışma ve dayanışma ağları kurdukları emniyetli aidiyet sığınaklarıdır.
7	Adana Suriyeliler Caddesi (Mirzaçelebi) Örneği	Kıraç & Çetin / Kolukırık & Duru (2020)	Karma yöntem (N=354 anket + mülakat) / Adana	Aidiyet Mekânı	Türkçe	Adana Mirzaçelebi Sokak ve çevresinde oluşan etnik ticaret caddesi, göçmenlerin ihtiyaç duyduğu ürünleri, anadilde hizmeti ve hemşerilik iletişimini sunmaktadır. "Aynı yerden gelme" hissi ve etnik çarşı canlılığı, kentsel marjinalliğe karşı ekonomik ve sosyo-kültürel bir aidiyet mekanizması üretmektedir.
8	Suriyeli Göçmenlerin Mekânsal Pratikleri: Samsun İlkadım	Karagöz (2024)	Lefebvre mekân üçlemesi (N=15) / Samsun İlkadım	Aidiyet Mekânı	Türkçe	Saadet Caddesi odağında yürütülen çalışmada, göçmenlerin yüksek konut geçişliliği (en az 4-5 kez ev değiştirme) gösterdiği ve bu durumun mekânsal köklenmeyi zayıflattığı tespit edilmiştir. Buna karşın ticari dükkânlar, pencere ve balkon kapamaları algılanan ve yaşanan mekânı dönüştürerek toplumsal uyuma zemin hazırlamaktadır.
9	Notions of Home and Sense of Belonging in Migration	Gomez & Vannini (2017)	Katılımcı fotoğrafçılık (Fotohistorias) / ABD-Meksika sınırı	Aidiyet Mekânı	Yabancı	"Ev" kavramı sadece fiziksel bir çatı veya gayrimenkul değil; güvenlik, mahremiyet ve coğrafi aidiyet hissidir (territorio). ABD-Meksika sınırındaki sığınak ve barınaklarda yaşayan göçmenlerde mekânsal belirsizlik ve geçicilik hâkimken, ikamet edilen kiralık dairelerde kurulan düzen yerleşmeyi başlatmaktadır.
10	Göç Araştırmalarında Mekan Boyutu (Çevre Psikolojisi)	Göregenli & Karakuş (2014)	Çevre ve kültürlerarası psikoloji çerçevesi / Türkiye	Aidiyet Mekânı	Türkçe	Çevre psikolojisi perspektifinden iç göç süreçlerinde yer kimliği ve yere bağlılık incelenmiştir. İzmir, Çeşme ve Alikahya örneklerinde görüldüğü gibi, mahalledeki kamusal parklar, tarihi çarşılar ve komşuluk ilişkileri göçmenlerin kentin bütününe yönelik aidiyet geliştirmesinde stratejik kaldıraç işlevi görür.

© 2026 ISARC Academy

No	Kaynak / Yayın adı	Yazar(lar) & Yıl	Metodoloji ve saha / Örneklem	Mekân kategorisi	Kaynak dili	Temel bulgular ve mekânsal çözümleme
11	Place Attachment, Memory and Outdoor Spaces	Rishbeth & Powell (2013)	Yürüyüş mülakatları (walking interviews) / İngiltere vb.	Aidiyet Mekânı	Yabancı	İngiltere, ABD, Polonya ve Hollanda'daki farklı göçmen gruplarının (Morokko, Çin, Latino vb.) açık doğal alanlarla kurdukları ilişki incelenmiştir. Kent parkları, nehir kenarları ve yeşil alanlar; göçmenlerin geçmiş belleklerindeki doğa anıları ile yeni çevreyi harmanlayarak yabancılaşmayı kırdıkları duygusal aidiyet mekânlarıdır.
12	Zorunlu Göç Sürecinde Mekânın Kaybı ve Evin Yitimi	Çakmak (2018)	Teorik derleme & Edward Said çerçevesi / Türkiye	Aidiyet Mekânı	Türkçe	Zorunlu göçle birlikte yaşanan fiziksel mekân kaybı ve "evin yitimi", bireyin kök bilincini ve ontolojik güvenini derinden sarsmaktadır. Evin sunduğu mahremiyet çatısının çökmesi, göçmeni teyakkuz halinde bir "yabancıya" dönüştürerek kimliğin anonimleşmesine ve kronik bir mensubiyet krizine yol açar.
13	Göç-Mekân-Siyaset: Toplumsal-Mekânsal Hareketlilikler ve Planlama	Güngördü, (2019), Eker & Günay (2019)	Kitap Bölümü / Nitel araştırma - Göç ve mekan	Aidiyet Mekânı	Türkçe	Güngördü (2019), Suriyeli mülteci krizinin salt bir güvenlik sorunu olmadığını; ani nüfus artışının kentsel altyapıyı zorladığını, fahiş kira artışlarına ve enformel emek sömürüsüne yol açarak yerel halkla mülteciler arasında sosyal dışlanmayı tırmandırdığını belirtmektedir. Eker & Günay (2019) "süreksiz şehircilik" kavramı üzerinden kentlerin birer mülteci kampına dönüştüğünü savunmakta; mültecilerin yasal entegrasyon eksikliği nedeniyle sosyal medya ve hemşehrilik ağlarıyla enformel olarak kendi kendilerini organize ettiklerini, ancak kamusal alanda zamansal ve mekânsal bir belirsizliğe sıkıştıklarını bulgulamaktadır.
14	Constructing the Forced Migrant and Politics of Space	Witteborn (2011)	Söylem & mekân analizi / Zorunlu göçmenler	Aidiyet Mekânı	Yabancı	Zorunlu göçmen kimliği sadece hukuki bir kategori değil; sığınma merkezleri, sınır alanları ve kamusal söylemler üzerinden inşa edilen politik bir süreçtir. Göçmenlerin yer yapımı (place-making) çabaları görünürlük ve otonomi kazanma mücadelesidir.
15	Livelihoods, Mobility, and Spatial Boundaries of Refugees	Madsen (2003)	Etnografik analiz / Sığınmacı kamp & yerleşimleri	Aidiyet Mekânı	Yabancı	Sığınmacı yerleşimlerindeki mekânsal sınırlandırmalar, kamp rejimi ve hareket kısıtlılığı, göçmenlerin otonomilerini ve uzun vadeli mekânsal aidiyet kurma kapasitelerini doğrudan baskılamaktadır.
16	Putting Belonging into Place: Ecuadorian Migrants in Italy	Raffaetà & Duff (2013)	Etnografik saha analizi (N görüşme) / İtalyan Alpleri	Aidiyet Mekânı	Yabancı	İtalya Trentino dağlık bölgesindeki Ekvadorlu göçmenlerin kentsel mekân deneyimi incelenmiştir. Çocuk parkları, duraklar, futbol/voleybol sahaları ve temizlik ritüelleri üzerinden yürütülen gündelik pratikler, yerel halkla karşılaşma alanları açarak göçmenlerin mekâna yerleşmesini ve kabul görmesini sağlar.

© 2026 ISARC Academy

No	Kaynak / Yayın adı	Yazar(lar) & Yıl	Metodoloji ve saha / Örneklem	Mekân kategorisi	Kaynak dili	Temel bulgular ve mekânsal çözümleme
17	Space, Place and Identity in Rural Australian Spaces	Radford & Williamson (2016)	Saha etnografisi / Kırsal Avustralya kasabası	Aidiyet Mekânı	Yabancı	Kırsal Avustralya kasabasına yerleşen Hazara mültecilerinin yerel mekânlarla (kasaba oteli, meydan, pazar yeri) etkileşimi araştırılmıştır. Gündelik kamusal alan karşılaşmaları, yerli halkın kabul veya dışlama tutumlarına göre yerel aidiyet hissini biçimlendirir.
18	Suriyeli Mültecilerin Perspektifinden Türkiye'de Yaşam	Biner & Soykan (2016)	Etnografik görüşmeler / Gaziantep sınır kenti	Aidiyet Mekânı	Türkçe	Gaziantep'te yaşayan Suriyelilerin yer edinme (emplacement) pratikleri incelenmiştir. "Geçici koruma" statüsünün getirdiği hukuki belirleyicilik ve geleceği öngörememe hali, mekânsal yatırımları ve kalıcı yer aidiyeti gelişimini sınırlandırmaktadır.
ZİYARET MEKÂNLARI (N = 6)						
19	Homeland Place Attachment and Diaspora Tourism Motivation	Huang, Li & Cai (2018)	Nicel anket (çoklu ölçek) / Kuzey Amerika Çinli göçmenleri	Ziyaret Mekânı	Yabancı	Göçmenlerin köken mekânla kurdukları bağ, Atasal Kasaba (Hometown) ve Atasal Ülke (Country) ölçeklerinde farklılaşmaktadır. Birinci kuşak doğrudan canlı hafızaya sahip olduğu için her iki ölçeğe güçlü bağlılık duyarken; ikinci ve sonraki kuşaklar spesifik kasaba ölçeğinden ziyade ülke ölçeğine yönelmektedir. Kuşaklararası aktarımda akrabalık ve ailevi sosyal bağlar (social bonding), diaspora turizmini ve memleket ziyaretlerini tetikleyen en temel motivasyon unsurudur.
20	Atina'da Yaşayan İstanbullu Rumların Göç Hafızası	Kaymak (2016)	Sözlü tarih ve mülakatlar (N=12) / Atina, Yunanistan	Ziyaret & Hafıza Mekânı	Türkçe	1964 zorunlu göçüyle Atina'ya yerleşen İstanbullu Rumlar için İstanbul, sıradan bir kent değil; kimlik ve benlik algılarını besleyen ana "hafıza mekânı" ve duygusal bir mirastır. Atina'daki cemaat dernekleri ve gündelik yaşam ritüelleri üzerinden bu hafıza yaşatılmakta; periyodik İstanbul ziyaretleri ve geçmişte bırakılan semtlere (Adalar, Pera) yapılan seyahatler travmatik bellek ile bugün arasında iyileştirici köprüler kurmaktadır.
21	Sürgün, Toplumsal Hafıza ve Kültürel Göç: Ahıska Türkleri	Kolukırık (2011)	Derinlemesine mülakat (N=40 aile) / Utah (ABD)	Ziyaret Mekânı	Türkçe	1944 Fergana sürgünü ve sonrasında ABD'ye göç eden Ahıska Türklerinde kolektif hafıza, kuşaklararası aktarımın ana taşıyıcısıdır. Ahıska coğrafyasına ait toprak, ata evi, meyve ağaçları ve aile kabirleri birer simgesel ziyaret ve adak mekânı olarak kutsallık kazanır; bu semboller diasporadaki genç kuşakların etnik kimliğini ve vatan özlemini diri tutar.

© 2026 ISARC Academy

No	Kaynak / Yayın adı	Yazar(lar) & Yıl	Metodoloji ve saha / Örneklem	Mekân kategorisi	Kaynak dili	Temel bulgular ve mekânsal çözümleme
22	Diasporada Kafkas Kimliği ve Aidiyet Hissi	Uçar (2022)	Derleme ve nitel analiz / Kayseri Çerkesleri & Türkiye	Ziyaret Mekânı	Türkçe	Zorunlu göçle Kafkasya'dan ayrılan Çerkes topluluğunda gezgin/akışkan bir kimlik yapısı gözlenmektedir. Fiziksel kopuşa rağmen Kafkasya coğrafyasına duyulan zihinsel aidiyet korunmakta; Kefken sahilindeki anıt mezar anma törenleri ve ata topraklarına yapılan periyodik ziyaretler diasporik hafızayı diri tutmaktadır.
23	We Love It Here and There: Turkish Alevi Older Migrants	Klok et al. (2017)	Antonsich çerçevesi & mülakat (N=21) / Türkiye & Avrupa	Ziyaret Mekânı	Yabancı	Avrupa'da yaşayan birinci kuşak yaşlı Alevi göçmenlerin anavatan ziyaretleri incelenmiştir. Azınlık kimliği aidiyet ölçeğini daraltmakta; göçmenler ülke geneline değil özgün doğum yerleri olan atasal köylerine (Orun) ait hissetmektedirler. Köydeki bahçeli ata evi, organik sebze yetiştiriciliği ve cemevi ziyaretleri, göçmenlerin bedenselleşmiş sağlığını ve yaşlılık esenliğini pekiştiren özgün aidiyet duraklarıdır.
24	Shopping for Diasporic Belonging (VFR)	Wagner (2015)	Nitel saha araştırması / Diaspora alışverişi & VFR	Ziyaret Mekânı	Yabancı	Anavatanı ziyaret eden göçmenlerin (VFR - Visiting Friends and Relatives) lokal çarşı ve pazarlardan gerçekleştirdikleri geleneksel ürün alışverişleri, diasporik kimliğin ve yerel aidiyetin bedenselleşmiş bir ritüel olarak teyit edildiği ziyaret pratikleridir.
HİBRİT / AKIŞKAN MEKÂNLAR (N = 2)						
25	Yeni-Göçmenlik ve Mekân: Aidiyetin Mekânsal Dönüşümünün Analizi	Doğan & Tokol (2023)	Betimsel içerik analizi / Disiplinlerarası metropol pasajları	Hibrit / Akışkan Mekân	Türkçe	Küreselleşmeyle ortaya çıkan yeni-göçmenlik (neo-nomadism) olgusunda aidiyet, sabit bir yere köklenmekten ziyade akışkan, geçici ve "her yerde evde hissetme" kapasitesine dönüşmektedir. Walter Benjamin'in kent gezgini (flanör) ve Deleuze'ün göçebe felsefesiyle ilişkilendirilen bu süreçte göçmen, varış noktasından ziyade güzergâh mekânlarını ve geçitleri (pasajlar) adımladıkça anı ve deneyimleri üst üste bindirerek mekânı şimdiki zamanda "oluş halinde bir ev" olarak üretmektedir.
26	Londra'da Türk Göçmenlerde Mekân ve Aidiyet İlişkisi	Uysal (2015)	Derinlemesine mülakat (N=32) / Londra	Hibrit / Transulusal Mekân	Türkçe	Londra'daki Türkiyeli ve Kıbrıslı göçmenlerin aidiyeti "hem orada hem burada olma" senteziyle biçimlenmektedir. Göçmenlerin aidiyeti sabit bir lokasyona hapsedilemez; Londra'daki Türkçe konuşulan mahalleler/kahvehaneler gündelik aidiyet sunarken, Türkiye'ye yapılan yaz tatili ziyaretleri ve cenazeyi anavatana defnetme arzusu iki mekânı dikişle birbirine bağlar.

© 2026 ISARC Academy

KUFE'NİN KOZMOPOLİT DEMOGRAFİK YAPISININ HANEFİLİĞİN ORTAYA ÇIKIŞINA ETKİLERİ

Doç. Dr. Ömer YILMAZ

Namık Kemal University, Faculty of Divinity, Department of Basic Islamic Studies, 59000 Değirmenaltı, Tekirdağ

ORCID ID: 0000-0001-9576-1344

ÖZET

Hukuku içinde geliştiği coğrafyadan ayrı düşünmek mümkün değildir. Hanefiliğin Kufe'de ortaya çıkış süreci, bunun en belirgin örneklerinden birisidir. Hicri 17 (m. 638) yılında Hz. Ömer döneminde bir askeri ordugâh şehir olarak kurulan Kûfe'nin sosyal yapısı, Hanefi fıkhının hem yöntem hem de muhteva bakımından şekillenmesinde önemli rol oynamıştır. Kûfe, Medine veya Mekke gibi yüzyıllara dayanan homojen bir Arap kabile kültürüne ya da kesintisiz bir şehir gelenekselliğine sahip değildi. Kuruluşundan itibaren Güney ve Kuzey Arap kabileleri, Sâsânî İmparatorluğu'nun bakiyesi olan Farslar, azatlı köleler, Hristiyan Süryani toplulukları ve Yahudiler bu yeni metropolde bir araya geldi. Bu kozmopolit nüfus yapısı, ortak örfün sınırlı oluşu ve yeni hukuki problemlerin daha fazla ortaya çıkması gibi iki önemli sonuç doğurdu. Medine'de hukuki meseleler çözülürken, toplumun ortak hafızasına ve süregelen uygulamalarına başvurmak mümkündü. Kûfe'de ise herkesin üzerinde uzlaştığı, köklü ve tekdüze bir gelenek yoktu. Farklı kültürlerin temas noktalarında doğan hukuki uyuşmazlıklar, geleneksel kalıplarla çözülemez hale geldi. Farklı inanç, dil ve yaşam tarzına sahip kitlelerin bir arada yaşaması, İslam toplumunun daha önce Medine veya Mekke'de hiç karşılaşmadığı karmaşık hukuki problemleri beraberinde getirdi. Kûfe alimleri, bu karmaşayı aşmak için olayların arkasındaki hukuki gayeyi ve mantığı kavrayan rasyonel metodolojilere yönelmek zorunda kaldılar. Kûfe'nin dinamik sosyal yapısı, Hanefi mezhebinin omurgasını oluşturan Ehl-i Re'y (akıl ve görüş ehli) yaklaşımını doğurdu. Sahabe döneminde Abdullah b. Mes'ud'un Kûfe'ye yerleşmesiyle atılan bu tohumlar, Alkame b. Kays, İbrahim en-Nehaî ve Hammad b. Ebî Süleyman hattından geçerek Ebu Hanife'de zirveye ulaştı. Sosyal yapının metot üzerindeki belirleyici etkisi; kıyas, istihsan ve hadislerin Kuran çerçevesinde değerlendirilmesi gibi üç temel meselede somutlaşmıştır.

Anahtar kelimeler: Fıkıh, Mezhep, Hanefilik, Kufe.

THE IMPACT OF KUFA'S COSMOPOLİTAN DEMOGRAPHİC STRUCTURE ON THE EMERGENCE OF HANAFİSM

ABSTRACT

It is impossible to separate law from the geography in which it develops. The emergence of the Hanafi school in Kufa is one of the most salient examples of this. Founded in 17 AH (638 CE) during the reign of Caliph Umar as a military garrison city, Kufa's social structure played an important role in shaping Hanafi jurisprudence in terms of both methodology and content.Unlike Medina or Mecca, Kufa did not possess a centuries-old, homogeneous Arab tribal culture or an uninterrupted urban tradition. From its inception, Southern and Northern Arab tribes, Persians remnant of the Sasanian Empire, freed slaves, Christian Syriac communities, and Jews came together in this new metropolis. This cosmopolitan demographic structure yielded two major outcomes: the limited existence of a shared customary practice (*'urf*) and a higher frequency of novel legal problems. While legal issues in Medina could be resolved by drawing upon the community's collective memory and ongoing practices, Kufa lacked a deeply rooted, uniform tradition agreed upon by all. Legal disputes arising at the intersection of different cultures could no longer be solved through traditional frameworks. The coexistence of populations with

© 2026 ISARC Academy

diverse faiths, languages, and lifestyles brought complex legal challenges that Islamic society had never previously encountered in Medina or Mecca. To overcome this complexity, the scholars of Kufa were obliged to adopt rational methodologies that grasped the underlying legal rationale and logic behind circumstances. Kufa's dynamic social structure gave rise to the *Ahl al-Ra'y* (people of reasoned opinion) approach, which constitutes the backbone of the Hanafi school. Planted during the era of the Companions with the settlement of Abdullah ibn Mas'ud in Kufa, these seeds passed through 'Alqama ibn Qays, Ibrahim al-Nakha'i, and Hammad ibn Abi Sulayman, reaching their peak with Abu Hanifa. The decisive impact of this social structure on legal methodology crystallized in three core areas: *qiyas* (analogical reasoning), *istihsan* (juristic preference), and the evaluation of hadiths within the framework of the Qur'an.

Keywords: Islamic law, school, Hanafism, Kufa.

1. GİRİŞ

Hukuk sistemleri, boşlukta doğup gelişmezler; aksine, üzerinde yükseldikleri toplumun demografik yapısı, ekonomik ihtiyaçları ve kültürel kodlarıyla doğrudan etkileşim içindedirler. Hukuk; neşet ettiği toplumun coğrafi, sosyal ve kültürel kodlarından bağımsız, salt soyut bir kurallar bütünü değildir; aksine o toplumun yaşantısına, ihtiyaçlarına ve krizlerine verilen pratik ve rasyonel bir cevaptır. İslam hukuk tarihinin en önemli kırılma noktalarından biri olan Ehl-i Re'y (akıl ve görüş ehli) ekolünün ve akabinde Hanefi mezhebinin doğuşu, bu sosyolojik gerçekliğin en açık tezahürüdür. Bu ekolün şekillendiği zemin, homojen ve köklü bir geleneğe sahip olan Hicaz bölgesi değil; kuruluşundan itibaren kozmopolit, dinamik ve karmaşık bir yapı arz eden Kûfe şehridir. İslam hukuk tarihinde "Ehl-i Re'y" (Akıl ve Görüş Ehli) olarak bilinen ve aklı, kıyası ve istihsanı merkeze alan Hanefi fıkhının, Mekke veya Medine gibi geleneksel Hicaz şehirlerinde değil de Kûfe'de ortaya çıkması tesadüf değildir. Belâzürî'nin *Fütûhu'l-Büldân* adlı eserinde Kûfe'nin kuruluşuna dair aktardığı detaylı veriler, bu rasyonel hukuk ekolünün hangi sosyolojik ve demografik zorunluluklardan doğduğunu eşsiz bir biçimde gözler önüne sermektedir. Bu yazıda, Kûfe'nin bir askeri ordugâh şehri olarak kuruluşu, barındırdığı demografik çeşitlilik ve bu durumun doğurduğu ortak örf eksikliğinin, İslam hukukunda kıyas ve istihsan gibi rasyonel metotları zorunlu kılan Ehl-i Re'y yaklaşımını nasıl inşa ettiği, Belâzürî'nin *Fütûhu'l-Büldân* adlı eserindeki tarihsel kayıtlar ışığında incelenecektir.

2. Kufe'nin Tesisi

2.1. Askeri Ordugah

Medine veya Mekke, yüzyıllar içinde organik olarak gelişmiş, homojen kabile bağlarına ve köklü ticari/sosyal geleneklere sahip şehirlerdi. Bu şehirlerde bir hukuki ihtilaf çıktığında, toplumun ortak hafızasına (örf) veya köklü emsallere başvurmak mümkündü. Oysa Kûfe, sıfırdan inşa edilen bir ordugâh şehirdi. Belâzürî'nin aktarımına göre; Hz. Ömer, komutanı Sa'd b. Ebî Vakkâs'a Müslümanlar için bir *dâr-ı hicre* (yerleşim yeri) ve *kayravân* (askeri karargâh) kurmasını emretmiştir. Hz. Ömer'in, başkent Medine ile bu yeni şehir arasında "herhangi bir su kütlesi bırakılmaması" şeklindeki stratejik talimatı, Kûfe'nin tamamen askeri lojistik ve devlet aklıyla planlandığını gösterir. Şehrin yer seçimi bile deneme-yanılma yoluyla olmuştur. Önce el-Enbâr, ardından el-Medâin denenmiş, ancak Arap askerlerinin bu yeni coğrafyanın iklimine (sivrisinek istilaları, bataklıklar) uyum sağlayamaması üzerine Hz. Ömer'in o meşhur sosyolojik tespiti gelmiştir: *"Arap toplumu deve sahibi olan bir toplumdur. Bu yüzden onları barınacakları yer, develerin yaşamı için uygun olan bir yer olmalıdır."* Nihayetinde bugünkü Kûfe bölgesi seçilmiştir. Bu durum, Kûfe halkının toprağa kök salmış yerliler olmadığını, farklı iklim ve coğrafyalardan kopup gelmiş göçebe/yarı-göçebe kitlelerin yeni bir ekosisteme entegre olma çabasını temsil eder. Bu durum, şehrin yer seçiminde Bedevi-Arap karakteristiğinin ve çöl coğrafyasının dikkate alındığını gösterir. Nihayetinde, Hicri 17. yılda "açık çölün aşağısında, bataklık arazilerin üzerinde yükselen" Kûfe'nin temelleri atılmıştır. İslam fetihlerinin hız kazandığı Hz. Ömer döneminde, fethedilen geniş coğrafyaların elde tutulması ve orduların lojistik ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla

© 2026 ISARC Academy

yeni garnizon şehirlerin kurulması stratejik bir zorunluluk haline gelmiştir. Kûfe'nin kuruluş süreci, askeri ve stratejik reflekslerle başlamıştır.

2.2. Kentsel Tasarım ve Demografik Buluşma

Kûfe'nin fiziki inşası, içerdiği toplumsal mühendislik açısından İslam tarihinin en ilginç kentleşme örneklerinden biridir. Belâzürî'nin rivayetinde, Ebu'l-Heyyac el-Esedî'nin cami merkezini belirlemek için "dört yöne (kuzey, güney, doğu, batı) ok atması" ve okun düştüğü yerleri sınır kabul etmesi, sıfırdan kurulan bir şehrin rasyonel ve geometrik planlamasına işaret eder. Cami ve valilik konağı (Dârü'l-İmâre) merkeze alınmış, etrafında geniş bir boşluk bırakılmıştır. Daha da önemlisi, kabilelerin yerleşimi organik bir şekilde değil, "kura çekimiyle" devlet otoritesi tarafından belirlenmiştir. Nizar (Kuzey Arapları) ve Yemen (Güney Arapları) kabileleri arasında çekilen kura ile Yemenliler daha prestijli sayılan sol/doğu tarafına, Nizarlılar ise batı tarafına yerleştirilmiştir. Bu kura usulü yerleşim, farklı lehçelere, farklı geleneklere ve hatta birbiriyle tarihsel rekabeti olan Arapların zorunlu bir iskanıydı. Kûfe sadece farklı Arap kabilelerini değil; fetihten sonra Müslüman olan Sâsânî (Fars) bakiyelerini, Hristiyan Süryanileri,Yahudileri ve azatlı köleleri (Mevali) de bünyesinde topladı. Böylece Kûfe, tek bir kabilenin veya kültürün tahakküm kuramadığı, son derece kozmopolit, heterojen ve dinamik bir metropole dönüştü. Belâzürî'nin tasvirinde, merkezde yer alan cami alanından dört ana yöne (kıble, kuzey, güney, doğu) ok atılarak şehrin sınırlarının ve yerleşim planının belirlenmesi, Kufe'nin tesisinin simgesel bir anlatımıdır. Ancak Kûfe'yi asıl farklı kılan, bu geometrik planın içine yerleştirilen insan unsurudur. Belâzürî'ye göre "*et-tekavvuf*" kelimesi "bir araya gelmek, toplanmak" anlamına gelir; nitekim Kûfe kelimesinin bizzat kendisi "çakıl, kil ve kum karışımı" araziyi ifade etmektedir. Bu etimolojik köken, adeta şehrin sosyolojik yapısının da bir metaforudur. Şehrin iskanı sırasında Nizar ve Yemen kabileleri arasında kura çekilmiş, kuraya göre şehre yerleştirilmişlerdir. Ancak kısa süre içinde bu Arap kabilelerine; yıkılan Sâsânî İmparatorluğu'nun aristokratları ve askerleri, Fars kökenli zanaatkarlar, azatlı mevaliler, bölgenin yerlisi Hristiyan Süryaniler ve Yahudiler de eklenmiştir. Amr b. Hureys ve Ziyad döneminde yaşanan yoğun imar faaliyetleri, Belâzürî'nin de belirttiği gibi alanın hızla aşırı kalabalıklaşmasına ve farklı medeniyet bakiyelerinin iç içe geçmesine neden olmuştur.

3. Örfün Sınırlılığı

Bu heterojen demografik yapı, Kûfe'de benzersiz hukuki sorunlar doğurdu. Farklı kültürlerin ticari ilişkileri, karma evlilikler, yeni mülkiyet biçimleri, Sâsânî bürokrasisi ve tarım toplumu pratikleri ile Bedevi geleneklerinin çarpışması...Tüm bunlar, Medine'de hiç karşılaşılmamış yeni sorunlar (nevâzil) üretti. Medine'deki bir fakih, bir meseleyi çözerken "Medine ehlinin uygulamasına" (Amel-i Ehl-i Medine) başvurabilirdi, çünkü orada nesilden nesile aktarılan kesintisiz bir yaşam tarzı vardı. Ancak Kûfe'de "ortak bir örf" yoktu. Yemenli bir Arap ile Fars kökenli bir tüccar arasındaki ticari ihtilafı hangi geleneğe göre çözecektiniz? Geleneksel kalıplar ve sadece lafzi nakil (salt hadisçilik/esercilik), bu devasa ve karmaşık metropolün hızla akan hayatını düzenlemekte yetersiz kalıyordu. Kûfe'nin bu kozmopolit demografisi, İslam hukuku açısından iki eşzamanlı kriz/fırsat doğurmuştur: ortak örfün bulunmaması ve karmaşık sorunların patlaması. Farklı inanç, dil ve medeniyet seviyesine sahip kitlelerin bir arada, üstelik kalabalıklaşan bir ticari merkezde yaşaması; tarım sözleşmelerinden ticaret hukukuna, aile kurumundan ceza davalarına kadar daha önce Hicaz'da hiç görülmemiş yepyeni ve karmaşık vakaları beraberinde getirdi. Farklı kültürlerin temas noktalarında doğan bu uyuşmazlıklar, yalnızca nasların (ayet ve hadis) lafzi yorumlarıyla veya Hicaz'ın sınırlı geleneksel kalıplarıyla çözülemez hale gelmiştir. İşte Kûfe merkezli Ehl-i Re'y (Hanefi) fıkhı, bu sosyolojik krizi aşmak için geliştirilen muazzam bir entelektüel sıçramadır. Abdullah b. Mes'ud'un Hz. Ömer tarafından Kûfe'ye kadı ve muallim olarak gönderilmesi, bu rasyonel ekolün ilk tohumlarını atmıştır. İbn Mes'ud, nasları (ayet ve hadisleri) sadece ezberleyen değil, onların arkasındaki "amacı" (makâsıd) ve "illeti" (gerekçe) sorgulayan bir zihniyet inşa etmiştir. Bu zihniyet, Alkame b. Kays, İbrahim en-Nehaî ve Hammad b. Ebî Süleyman silsilesiyle olgunlaşmış ve İmam Âzam Ebu Hanife ile zirveye ulaşmıştır. İlginçtir ki Ebu Hanife'nin kendisi de Arap olmayan bir aileden (Fars/Mevali kökenli) gelen, Kûfe'nin kozmopolit

© 2026 ISARC Academy

çarşılarında ipek ticareti yapan bir tüccardı. Şehrin sosyolojisini, ticaretin dinamiklerini ve farklı kültürlerin çatışma noktalarını bizzat yaşıyordu.

4. Sonuç

Belâzürî'nin *Fütûhu'l-Büldân*'da aktardığı "ok atılarak planlanan, kabilelerin kura ile yerleştirildiği, farklı iklimlerden gelen kitlelerin sivrisineklerle ve yeni coğrafyayla mücadele ettiği" o derme çatma karargâh şehri; sadece birkaç on yıl içinde İslam medeniyetinin en büyük entelektüel laboratuvarına dönüşmüştür. Kûfe'nin köksüzlüğü, çeşitliliği ve karmaşası; hukukun donuklaşmasını engellemiş, hukukçuları nassın lafzından ruhuna inmeye, olayların arkasındaki mantığı kavramaya itmiştir. Hanefiliğin akılcı metodolojisi, Kûfe'nin kozmopolit sokaklarında yankılanan ve ancak rasyonel bir hukuk sistemiyle bir arada tutulabilen o çok sesli kalabalığın tarihi bir eseridir. Kûfe; salt bir garnizon şehri değil, İslam coğrafyasının sosyolojik laboratuvarı olmuştur. Belâzürî'nin *Fütûhu'l-Büldân* adlı eserinde detaylandırdığı kuruluş evreleri, kabilelerin iskanı ve demografik çeşitlenme süreci, İslam hukukundaki metodolojik kırılmanın zeminini hazırlamıştır. Hicaz'ın homojen ve geleneksel yapısından uzaklaşan Müslüman akıl, Kûfe'nin "çakıl, kil ve kum" gibi heterojen yapısı içinde ortak bir toplumsal zemin bulamayınca çareyi evrensel hukuki rasyonalitede bulmuştur. Bu bağlamda, Ehl-i Re'y'in temsilcisi olan Hanefi fıkhının kıyas, istihsan ve illet merkezli dinamik yapısı; metinlerin dondurulmuş birer lafız olmaktan çıkarılarak Kûfe gibi hızla değişen, karmaşık ve kozmopolit toplumların yaşayan problemlerine uygulanabilmesini sağlayan eşsiz bir hukuksal devrimdir.

KAYNAKÇA

Belâzürî, *Fütûḥu'l-Buldan*, s. 274-287.

Yâkūt, *Muʿcemü'l-büldân* (Cündî), IV, 557-561.

Hişâm Cuayt, el-Kûfe: Neşʾetü'l-medîneti'l-ʿArabiyyeti'l-İslâmiyye, Beyrut 1993

M. Mahfuz Söylemez, Bedevîlikten Hadarîliğe Kûfe, Ankara 2001

Hüseyin b. Ahmed en-Necefî el-Berrâkī, *Târîḫu'l-Kûfe*, Beyrut 1987

Mehdî el-Mahzûmî, *Medresetü'l-Kûfe*, Beyrut 1406/1986

© 2026 ISARC Academy

SAFRANBOLU TARİHİ TABAKHANE FABRİKASI'NIN ENDÜSTRİ MİRASI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YENİDEN İŞLEVLENDİRME ÖNERİLERİ

Öznur KARADEMİR

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanat ve Tasarım Anabilim Dalı (Tezli Yüksek Lisans), Ankara

ORCID ID: 0009-0007-7336-2773

Doç Dr. Cengiz ŞAHİN

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mimarlık ve Güzel Sanatlar Fakültesi, Ankara

ORCID ID: 0000-0002-8348-0913

ÖZET

Safranbolu, tarihi dokusu nedeniyle 1994 yılından itibaren UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde yer almaktadır. Geçmişte arastalarıyla anılan kentte, dere yatakları boyunca kurulmuş ve aktif olarak işletilen tabakhaneler, kentin ticaret hayatında önemli bir yer tutmuştur. Teknolojik gelişmelerin yanı sıra yaşanan ekonomik, sosyal ve tarih içerisinde yaşanan değişimler kentteki pek çok deri tabaklama işletmesinin özgün işlevini yitirmesine yol açmıştır. Ne yazık ki, bir zamanlar deri üretimine ev sahipliği yapan bu alanlar günümüzde özel mülklere dönüşmüştür. Bu durum, kentin endüstriyel mirasını, çok iyi bilinen konut mimarisiyle birlikte nasıl koruyabileceği sorusunu beraberinde getirmektedir. Bu çalışmanın amacı, günümüze terk edilmiş ve restore edilmemiş durumda ulaşan Tarihi Tabakhane Fabrikası'nı mimari ve dönemsel özellikleri açısından belgelemek ve yeniden işlevlendirilmesine yönelik öneriler geliştirmektir. Nitel araştırma yaklaşımında tek durum/vaka çalışması olarak yürütülen çalışmada saha araştırması, fotoğraflamaya dayalı belgeleme, arşiv/uydu görüntüleri analizi ve literatür taraması yoluyla veri toplanmıştır. Bulgular, yapının özgün dış duvarları, iç bölme duvarı, iki taş kolonu ve cephe düzeniyle endüstri mirası niteliğini koruduğunu; ancak çatı örtüsünün ve iç donanımın tümüyle yok olduğunu göstermiştir. Ayrıca literatürde yer alan, yapının yangın sonucu harap olduğu bilgisinin aksine mevcut çatı örtüsü ve ahşap bileşenlerin sökülerek yapıdan uzaklaştırıldığı gözlemlenmiştir. Çalışma, yapının kültür merkezi, sanat atölyesi veya galeri işleviyle yeniden kente kazandırılmasına yönelik önerilerle sonuçlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Safranbolu, Endüstri mirası; Tabakhane; Mimari koruma; Yeniden işlevlendirme

EVALUATION OF THE HISTORIC TANNERY FACTORY IN SAFRANBOLU IN TERMS OF INDUSTRIAL HERITAGE AND PROPOSALS FOR RE-FUNCTIONALIZATION

ABSTRACT

Due to its historical fabric, Safranbolu has been included on the UNESCO World Heritage List since 1994. In the past, the city—noted for its *arasta* (traditional market rows)—housed tanneries established along stream beds; these facilities played a significant role in the city's commercial life. Technological advancements, alongside various economic, social, and historical shifts, led many of these tanneries to lose their original function. Unfortunately, these sites—once hubs for leather production—have since been converted into private property. This development raises a critical question: how can the city preserve its industrial heritage alongside its well-known residential architecture? The objective of this study is to document the "Historical Tannery Factory"—which remains abandoned and unrestored today—in terms of its architectural and period-specific

© 2026 ISARC Academy

characteristics, and to propose strategies for its adaptive reuse. Conducted as a single-case study within a qualitative research framework, the research gathered data through fieldwork, photographic documentation, analysis of archival and satellite imagery, and a literature review. The findings indicate that the structure retains its industrial heritage value through its original exterior walls, an interior partition wall, two stone columns, and its overall façade composition; however, the roof covering and all interior fixtures have completely vanished. Furthermore, contrary to accounts in the existing literature suggesting the structure was destroyed by fire, observations indicate that the original roof covering and timber components were, in fact, dismantled and removed. The study concludes with recommendations for reintegrating the structure into the city by repurposing it as a cultural center, art studio, or gallery.

Keywords: Safranbolu; Industrial heritage; Tannery; Architectural conservation; Adaptive reuse

1. GİRİŞ

İşlevini yitirmiş tarihi yapılar, çoğu zaman bilinçsiz biçimde planlanmış restorasyon uygulamalarına konu olmakta ya da özgün niteliğine uygun olmayan yeni işlev kalıplarına sokulmaktadır. Bu tür yapılar genellikle kuruldukları dönemde kent merkezinin dışında yer almasına karşın, zaman içinde kentsel yerleşimin genişlemesiyle birlikte kent dokusunun bir parçası hâline gelmektedir. Endüstri mirası yapılarının korunması ve yeniden işlevlendirilmesi, uluslararası koruma literatüründe Nizhny Tagil Şartı (TICCIH, 2003) ve Dublin İlkeleri (ICOMOS, 2011) gibi çerçeve metinlerle tanımlanmış temel ilkeler doğrultusunda ele alınmaktadır. Bu tür yapıların korunması yalnızca onları canlı tutmakla ilgili değildir. Bu tür yapılar o dönemlerin üretim yöntemlerini, sosyal yaşamlarını ve kültürlerini yansıtan göstergelerdir. Böylece bu yapıların yeniden kullanım sürecinde, sadece mimari özelliklerinin korunmasının yanı sıra, taşıdığı kültürel değerlerin nesillere aktarılması da önemlidir. Görsel İletişim Tasarımı, Sergi Tasarımı, Grafik Anlatım, Dijital Arşivleme ve Görsel Kimlik Uygulamaları gibi bazı alanlar kültürel mirasın görünürlüğünü ve aktarımını sağlayabilir. Türkiye'de ise Safranbolu Tabakhane Bölgesi (Fidan, 2011; Özeren ve Korumaz, 2019) ve Mudurnu Tabakhaneleri (Yaltır, 2019) gibi örnekler, endüstriyel alanların kamusal işlevlerle yeniden değerlendirilmesine ilişkin önemli çalışmalara konu olmuştur.

Bu çalışmada da benzer bir örnek olan Safranbolu Tabakhane bölgesi, saha araştırması yöntemiyle incelenmiş ve elde edilen bulgular çeşitli fotoğraflarla desteklenmiştir. Çalışmanın problem durumu, Safranbolu Tabakhane bölgesindeki eski tabakhane fabrikasının mimari özellikleri göz önünde bulundurularak yeniden kente kazandırılması ve bu doğrultuda Safranbolu'nun kültürel ve sanatsal alandaki ihtiyaçlarının giderilmesine katkı sağlanması oluşturmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın araştırma sorusu şu biçimde tanımlanmıştır: Tarihi Tabakhane Fabrikası'nın mevcut mimari durumu ve tarihsel nitelikleri dikkate alındığında, yapı hangi işlev ve koruma yaklaşımıyla yeniden kullanıma kazandırılabilir? Bu soruya ilişkin değerlendirmeler, çalışmanın sonuç bölümünde tartışılmıştır.

2. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

2.1. Araştırmanın Deseni

Araştırma, nitel araştırma yaklaşımında tek durum/vaka çalışması olarak tasarlanmıştır. Var olan bir durumun kendi koşulları içinde ve olduğu gibi betimlenmesini amaçlayan bu model, tarihi yapıların yerinde belgelenmesine yönelik çalışmalarda yaygın biçimde kullanılmaktadır.

2.2. Veri Toplama Araçları ve Süreci

Çalışmada veriler; 2021 yılında gerçekleştirilen saha gözlemleri, araştırmacının kişisel arşivine ait fotoğraflamaya dayalı belgeleme, literatür taraması, Google Earth uydu görüntüleri ve TRT arşiv görüntülerinden elde edilmiştir.

© 2026 ISARC Academy

2.3. Verilerin Analizi ve Doğrulanması

Literatür kaynakları, saha gözlemleri, araştırmacının fotoğrafik kayıtları, Google Earth uydu görüntüleri ve ulaşılan arşiv görüntüleriyle karşılaştırılmıştır. Özellikle yapının kuruluşu, üretim süreci, işlevini yitirme süreci ve günümüzdeki fiziksel durumu ile ilgili bilgilerin farklı kaynaklarda nasıl ele alındığı incelenmiştir.

2.4. Sınırlılıklar

Araştırmanın başlıca sınırlılıkları şunlardır. Fabrikanın iflas tarihi arşiv belgeleriyle doğrulanamamıştır. Yapının iç mekânını kaplayan yoğun bitki örtüsü (sarmaşıklar), bazı mimari öğelerin net biçimde gözlemlenmesini engellemiştir. Ayrıca rölöve ve restitüsyon projeleri bulunmadığından, yapıya ilişkin ölçüler yaklaşık değerlerdir.

3. SAFRANBOLU TABAKHANE BÖLGESİ

Tabakhane bölgesinin (Şekil 1) yer aldığı, Eski Safranbolu olarak da anılan alan; Gümüş, Akçasu ve Tabakhane dereleri çevresinde, dik yamaçlarla çevrili bir vadi içerisinde konumlanmaktadır. Bölgedeki yerleşim, sahip olduğu bu coğrafi yapıya bağlı olarak şekillenmiştir. Diğer Osmanlı kentlerinde olduğu gibi Safranbolu'da da tabakhane bölgesi, kent merkezinin dışında kalacak biçimde dere kenarına konumlandırılmıştır (Ulukavak, 2020). Safranbolu'da dericilik faaliyetlerinin tam olarak ne zaman başladığı kesin biçimde bilinmemektedir. Ancak işin gerektirdiği biçimde yerleşilmesi, derinin su kaynağından beslenerek tabaklanması ve atık suyun buradan uzaklaştırılması gibi pek çok gerekçeyle, bölgenin çok daha önceki dönemlerde bu amaçla ayrıldığı düşünülmektedir.

Fidan (2011), Safranbolu'da dericilik mesleğinin özellikle 1950'li yıllardan sonra hızla önemini yitirdiğini ve bölgedeki deri imalathanelerinin büyük ölçüde terk edildiğini; kentin en önemli iş kollarından birini yeniden canlandırmak amacıyla 1980'li yıllarda üretime yeniden geçildiğini, ancak bu sürecin kısa ömürlü olduğunu ifade etmektedir. Deniz (2020) ise bölgede dericilik geleneğinin bugünkü tek somut tanığının Tabakhane Müzesi olduğunu belirtmektedir.



Şekil 1. Tabakhane Bölgesi uydu görüntüsü (Google Earth, erişim tarihi: 16.01.2022)

4. TARİHİ TABAKHANE FABRİKASI

Çalışmanın konusunu oluşturan Şekil 2'de görünen Tarihi Tabakhane Fabrikası, Karabük ili Safranbolu ilçesinde, Eski Çarşı'daki Gümüş ve Akçasu derelerinin birleştiği, bu nedenle Tabakhane Deresi olarak adlandırılan bölgede yer almaktadır. Bölgenin bu ismi alması, dere yatağı boyunca kurulmuş tabakhanelerden kaynaklanmaktadır. Kent planlamasında bölge, Eski Çarşı merkezinin dışında kalacak biçimde konumlandırılmıştır. Bunun temel nedeni, atık su, hava kirliliği ve koku gibi olumsuzlukların kent merkezinden uzak tutulmak istenmesidir. Edinilen bilgilere göre, fabrikanın iflas ettiği dönemden

© 2026 ISARC Academy

bu güne herhangi bir restorasyon girişiminde bulunulmamıştır. Edinilen bilgilere göre, yapının koruma/tescil süreçlerine ilişkin 2020 yılında Kültür ve Turizm Bakanlığı'na başvuruda bulunulmuştur.



Şekil 2. Tarihi Tabakhane Fabrikası drone görüntüsü (TRT Arşivi, görüntü tarihi: 12.03.2019; erişim tarihi: 30.11.2021)

Literatür ve mevcut görsel kayıtlarla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu karşılaştırmada fabrikanın kuruluşu ve üretime geçişine ilişkin bilgilerin Fidan (2011) tarafından aktarılan verilerle büyük ölçüde örtüştüğü görülmüştür. Fidan (2011), yapının bir yangın sonucunda harap olduğunu belirtirken mevcut fotoğrafik kayıtlar yapının farklı dönemlerdeki fiziksel durumuna ilişkin görsel kanıt sunmaktadır. Bu kayıtlar yapının hangi nedenle çatısız ve kısmen boşalmış hale geldiğini tek başına açıklayamamaktadır. Yapının fiziksel dönüşümünün yangından kaynaklandığı yönündeki açıklama kesin olarak doğrulanamamıştır. Ancak mevcut çatı örtüsü ve ahşap bileşenlerin sökülerek yapıdan uzaklaştırıldığı gözlemlenmiştir. Bu da yapının bugünkü durumunun oluşumunda bilinçli bir sökümün etkili olabileceğine işaret etmektedir.

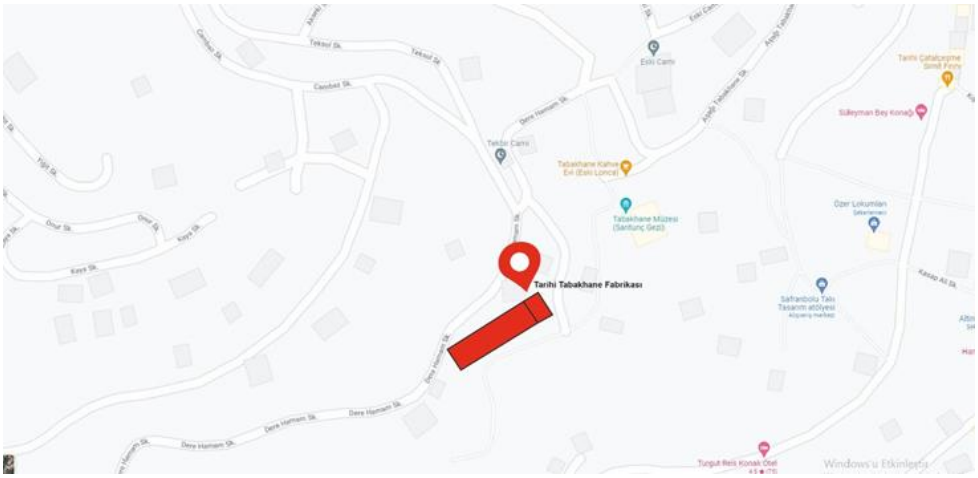
Bu bulgu, yapının tarihsel sürecine ilişkin mevcut anlatıların yeniden değerlendirilmesine katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Değerlendirme arşiv belgeleriyle doğrulayamadığından kesin bir tarihsel hüküm değildir. Bu sebeple mevcut saha ve analiz verilerine dayalı bir bulgu olarak değerlendirilmelidir.

Yapının 1920'de kurulması ve 1922'de üretime geçmesi bilgileri Fidan (2011) ile uyumlu bulunmuştur. Buna karşılık, Fidan (2011) tarafından aktarılan ve yapının bir yangın sonucunda harap olduğuna ilişkin bilginin doğrulanamadığı; yapının bileşenlerinin sökülerek bugünkü durumuna geldiğine yönelik alternatif bir durum ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda, Bölükbaşı Ertürk (2015 s.601) tarafından buhar kazanının patlaması nedeniyle kullanılamaz haline geldiği de belirtilmektedir. Bu durum, mevcut literatür bilgilerinin yeniden değerlendirilmesine katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

5. MİMARİ TANIM VE ÖZELLİKLER

Şekil 3'te yer alan haritada işaretli olarak gösterilen ve Aşağı Tabakhane olarak da bilinen Tabakhane Fabrikası, 502,30 m² x 2 = 1005 m² alan kaplamaktadır. Yapı günümüzde kullanılmamaktadır. Mülkiyeti özel şahsa aittir. Fidan'ın (2011) çalışmasında, iki katlı deri fabrikasının geçirdiği bir yangın sonucunda döşeme ve çatısının yanarak yapının harap bir görünüm kazandığı ifade edilmektedir. Ancak yapılan literatür taramasının ardından yapılan saha incelemesi ve haber arşivleri ile bu bilgi doğrulanamamıştır.

© 2026 ISARC Academy



Şekil 3. Tabakhane Bölgesi harita görüntüsü (Google Haritalar, erişim tarihi: 16.01.2022)

5.1. Yapının Tanımı

Dikdörtgen planlı yapı, bitişiğinde yer alan ve mühendislerin makine dairesi olarak kullandığı bina ile bütünleşik biçimde inşa edilmiştir (Şekil 4). Edinilen bilgilere göre yapı, Rum taş ustaları tarafından inşa edilmiştir. Günümüze yalnızca dış duvarlar, yapıyı ikiye bölen orta iç duvar ve iki adet taş kolon ulaşabilmiştir. Binanın köşelerinde "dendan" adı verilen köşe süslemeleri yer almaktadır (Şekil 5).



Şekil 4. Tabakhane Fabrikası ve makine dairesinden bir görünüm (Öznur Karademir arşivi, 2021)

© 2026 ISARC Academy



Şekil 5. Dendan köşe süslemeleri (Öznur Karademir arşivi, 2021)

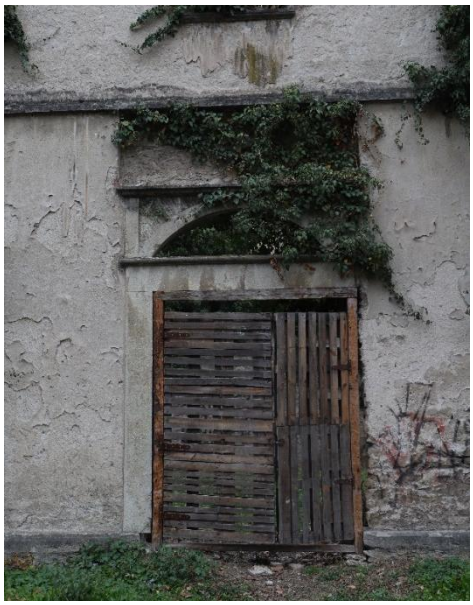
5.2. Cephe Özellikleri

Dikdörtgen forma sahip yapının doğu cephesi makine dairesiyle bitişik olduğundan, yapının yalnızca üç cephesi görülebilmektedir. Cepheler, kesme taş malzeme ve sıva ile oluşturulmuştur. Güney cephede alt katta 10, üst katta ise ritmik bir düzende yerleştirilmiş 12 pencere bulunmaktadır. Alt kat pencereleri demir parmaklıklarla kaplı iken üst kat pencerelerinde parmaklık bulunmamaktadır. Üst kısımlarında tuğla örgü yer almaktadır (Şekil 6). Yapının en nitelikli cephesi olan güney cephede, biri orta kısımda diğeri batı kısmında olmak üzere iki kapı girişi bulunmaktadır. Ayrıca arka cephede, kanyon tarafında yer alan bir giriş daha mevcuttur. Orta kısımdaki kapı, kemerli bir forma sahiptir (Şekil 7). Giriş açıklığına, yapıyı dış etkenlerden ve izinsiz girişlerden korumak amacıyla sonradan ahşap bir kapı eklendiği gözlemlenmiştir (Şekil 8). Şekil 7 (2015) ve Şekil 8 (2021) birlikte incelendiğinde, girişin özgün durumu ile bugünkü durumu arasındaki fark görülmektedir.

© 2026 ISARC Academy




Şekil 6. Üst kat ve alt kat pencere yapıları (Öznur Karademir arşivi, 2021)



Şekil 7. Orta kapı girişi (Öznur Karademir arşivi, 2015)

© 2026 ISARC Academy



Şekil 8. Orta kapı girişi (Öznur Karademir arşivi, 2021)

5.3. İç Özellikleri

Yapının iç mekânını ikiye bölen duvarda, alt ve üst kat seviyelerinde toplam üç kemer yer almaktadır. Yapıyı kaplayan sarmaşıklar nedeniyle bazı bölümler günümüzde net biçimde gözlemlenememektedir. İç mekândan günümüze yalnızca dış ve iç duvarlar ile mekan içerisindeki iki adet kolon ulaşabilmiştir (Şekil 9, Şekil 10).



Şekil 9. Yapının üstten görünümü (Öznur Karademir arşivi, 2021)

© 2026 ISARC Academy



Şekil 10. Yapının iç görünümü (Öznur Karademir arşivi, 2021)

5.4. Çatı Özellikleri

Çatı örtüsü ve ahşap taşıyıcı aksamın zaman içinde sökülmüş/yok olmuş olması nedeniyle yapı günümüze çatısız ulaşmıştır. Yapının özgün çatısının, döneme ait fotoğraftan anlaşıldığı üzere, oluklu kiremit malzemeden oluşan bir çatı örtü sistemiyle kaplı olduğu görülmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Tabakhane binasının 1900'lü yıllara ait fotoğrafı (Özeren ve Korumaz, 2019)

6. YENİDEN İŞLEVLENDİRMEYE YÖNELİK ÖNERİLER

Özeren ve Korumaz (2019), geçmişte dericilik üretiminde işlevsel biçimde kullanılmış ancak günümüzde yeterince dikkate alınmayan derelerin, bölgeye öngörülen yeni işlevler doğrultusunda bölgenin sağlıklaştırılması sürecinde öncelikli olarak ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Yazarlara göre kanyonlardan gelen dereler tabakhane bölgesinde görünür hale gelmekte olup kentsel ölçekte değerlendirildiğinde bölgede önemli bir su potansiyeli bulunmaktadır. Bu doğrultuda, Gümüşsu ve Akçasu derelerinin çöplerden arındırılması ve bu derelere karışan kanalizasyon sularının önlenerek temizlenmesi önerilmektedir.

Endüstri mirası yapılarının yeniden işlevlendirilmesinde, yeni işlevin yapının özgün nitelikleriyle uyumlu olması ve geri dönüşümlü müdahalelerle uygulanabilir olması temel ilkedir (TICCIH, 2003; ICOMOS, 2011). Yapının geniş ve bölünebilir iç hacmi, güney cephesindeki düzenli pencere ritmi ve kent merkezine yürüme mesafesindeki konumu, kültürel işlevlere uygunluk açısından elverişli görülmektedir. Yaltır (2019), benzer ölçekteki Mudurnu Tabakhaneler Bölgesi için geliştirdiği koruma projesinde de kültürel ve kamusal işlevlerin önceliklendirilmesini önermektedir; bu örnek, Safranbolu için de karşılaştırmalı bir çerçeve sunmaktadır. Ayrıca Özeren ve Korumaz (2019) tarafından karar

© 2026 ISARC Academy

destek sistemleriyle yürütülen değerlendirme, yapının yeniden kullanım olanaklarının çok ölçütlü analizlerle desteklenebileceğini göstermiştir. (Sarıtunç 2023) yapının destinasyonun ruhuna uygun olarak bir dönüşüm planlaması yapılmasından bahsetmektedir.

Bu bulgular ışığında, yapının mekansal özellikleri, kent merkezine yakınlığı ve endüstri mirası niteliği dikkate alındığında, yapının sanatsal atölye, galeri veya kültür merkezi gibi işlevlerle yeniden kazandırılması uygun görülmektedir. Bu doğrultuda öncelikle yapının özgün niteliklerini bozmayacak biçimde sağlamlaştırma çalışmaları ile sarmaşık ve benzeri yabani bitki örtüsünden arındırmaya yönelik mekanik temizlik çalışmalarının gerçekleştirilmesi; ardından rölöve, restitüsyon ve restorasyon projelerinin hazırlanarak ilgili koruma kuruluna ve bakanlığa başvuruda bulunulması önerilmektedir. Yapının özel mülkiyette olması nedeniyle, 1994 yılında gündeme gelen yap-işlet modeli örneğinde olduğu gibi kamu-özel iş birliği modellerinin değerlendirilmesi de ayrıca önerilmektedir.

7. SONUÇ

İşlevini sürdürdüğü dönemde Safranbolu ve Anadolu için önemli bir niteliğe sahip olan bu yapı, zamanla değişen sosyo-kültürel ve ekonomik koşullar nedeniyle işlevselliğini yitirmiştir. Yapının günümüze yeniden kazandırılması, hem kentin tarihsel sürekliliği hem de kültürel kimliği açısından önem taşımaktadır. İşlevleri ve çevreye verdiği olumsuz etkiler nedeniyle genellikle kent merkezinin dışında ve dere kenarlarında inşa edilen bu tür yapılar, zamanla kentsel yerleşimin bir parçası hâline gelmektedir. Ancak çoğu zaman terk edilmiş ve harap bir görünümde kalmaktadır. Özellikle UNESCO Dünya Mirası kapsamında bulunan Safranbolu'da, bu yapının uzunca bir süredir atıl durumda kalması endüstri mirasının mevcut koruma ve yeniden kullanım yaklaşımları içerisinde ele alınmasının gerekliliğine işaret etmektedir.

Tabakhane Binasının Safranbolu'daki, kültür bağlamındaki değeri hala yerel düzeyde tartışılmaktadır. Bu konuda 31 Temmuz 2026 tarihinde Safranbolu Belediyesi tarafından Eski Tabakhane Binası önünde "Safranbolu Miras Buluşmaları: Tabakhanenin Dili Olsa…" adlı kültürel miras toplantısı düzenlenmiştir (Şekil 12). Öte yandan kültürel mirasın korunmasının sadece fiziksel mirasın varlığıyla sınırlı olmadığını, geçmişin toplum ve gelecek nesillere aktarılmasıyla da sınırlı olduğunu görmekteyiz.



Şekil 12. "Tabakhane'nin Dili Olsa…" Safranbolu Miras Buluşması'ndan bir görünüm (Safranbolu Belediyesi, 2026)

Literatürde yer alan ve yapının yangın sonucunda harap olduğu (Fidan, 2011) ve aynı zamanda buhar kazanı patlaması sonucu kullanılamaz hale geldiği detayı verilen bilgilerin Bölükbaşı Ertürk (2015 s.601) saha gözlemleri ve haber arşivleri ile elde edilen verilerle doğrulanamamış olması çalışmanın önemli bir bulgusu olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç olarak, bu tür yapıların mekansal potansiyellerinin ve mimari özelliklerinin detaylı biçimde irdelenmesi, sahip oldukları kültürel kimliğin sürekliliğinin sağlanması açısından en uygun restorasyon yaklaşımının belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Bunun gerçekleştirilebilmesi için öncelikle kentin mekansal bütünlüğünün ele alınması ve kentte bulunan eksikliklerin ve bu eksikliklerin hangi işlevlerle giderilebileceğinin belirlenmesi gerekmektedir. İleride yapılacak çalışmalarda, yapının rölöve ve restitüsyon projelerinin hazırlanması, iflas tarihinin arşiv belgeleriyle doğrulanması ve bölgedeki diğer tabakhane kalıntılarını da kapsayan çok disiplinli bir bütünleşik koruma planı geliştirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Bölükbaşı Ertürk, A.E. (2019). Kültürel mirasımızda endüstri yapıları: Safranbolu örneğinde tabakhane bölgesi ve tarihi tabakhaneler. C. Ünal & C. Gürbıyık (Ed.), Uluslararası XIX. Ortaçağ ve Türk Dönemi Kazıları ve Sanat Tarihi Araştırmaları Sempozyumu: 21–24 Ekim 2015 bildiriler içinde (Cilt 1, ss. 601–617). Türk Tarih Kurumu.

Deniz, T., & İrken, V. (2020). Safranbolu'da dericiliğin günümüzde kalıntısı: Tabakhane Müzesi. Türk Turizm Araştırmaları Dergisi, 4(2), 1527–1539. https://doi.org/10.26677/TR1010.2020.410

Fidan, F. (2011). Safranbolu'da tabakhane bölgesi örneğinde endüstriyel alanların incelenmesi, kamusal fonksiyonlarla yeniden değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

ICOMOS. (2011). The Dublin Principles: TICCIH Principles for the Conservation of Industrial Heritage Sites, Structures, Areas and Landscapes. 17th ICOMOS General Assembly, Paris.

Özeren, Ö., & Korumaz, M. (2019). Karar destek sistemleri kullanarak Safranbolu Tabakhane binasının yeniden kullanım olanaklarının değerlendirilmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 35(1), 77–89.

Safranbolu Belediyesi. (2026, 3 Ağustos). Safranbolu'da "Tabakhane'nin dili olsa..." miras buluşması gerçekleştirildi.

Sarıtunç, B. (2023). Safranbolu'da Kültür Hazinesi Olarak Tabağ Ahmet Bey Tabakhanesi ve Dericilik Geleneği. Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi, 6(1), 51-74.

TICCIH. (2003). The Nizhny Tagil Charter for the Industrial Heritage. TICCIH XII International Congress, Nizhny Tagil, Rusya.

Ulukavak, K. (2020). Safranbolu korumada tarihsel süreç. Safranbolu Araştırmaları Merkezi Yayınları.

Yaltır, E. S. (2019). Mudurnu Tabakhaneler Bölgesi Koruma Projesi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

© 2026 ISARC Academy

ENTREPRENEURIAL SKILLS ACQUISITION AND SELF-EMPLOYMENT READINESS AMONG TECHNICAL COLLEGE GRADUATES IN NIGER STATE

[1]Prof. A. M. Hassan; [2]Mohammed Zakari and [3]Ibrahim Hissah

[1,2,3]Department of Industrial and Technology Education

[1,2,3]School of Science and Technology Education

[1,2,3]Federal University of Technology Minna

Abstract

This study examined entrepreneurial skills acquisition and self-employment readiness among technical college graduates in Niger State, Nigeria. The study adopted a descriptive survey research design. Two research questions and two null hypotheses guided the study. The population comprised technical college graduates in Niger State who had completed vocational and technical programmes. A sample of 160 graduates was selected using a multistage sampling procedure. Data were collected using a structured questionnaire titled Entrepreneurial Skills Acquisition and Self-Employment Readiness Questionnaire (ESASRQ). The instrument was validated by three experts in Technical and Vocational Education and Entrepreneurship Education, while its reliability was established using Cronbach's alpha, yielding a coefficient of 0.86. Mean and standard deviation were used to answer the research questions, while Pearson Product Moment Correlation was used to test the hypotheses at 0.05 level of significance. The findings indicated that graduates possessed entrepreneurial skills in opportunity identification, business planning, marketing, financial management, customer relations and basic business management. The findings also showed that graduates demonstrated a moderately high level of readiness for self-employment. A significant positive relationship was found between entrepreneurial skills acquisition and self-employment readiness. The study concludes that strengthening entrepreneurship education alongside technical training can improve graduates' capacity to establish and sustain small businesses. It recommends stronger industry partnerships, practical enterprise training, access to start-up finance and post-graduation business mentorship.

Keywords: entrepreneurial skills, skills acquisition, self-employment readiness, technical colleges, graduates, entrepreneurship education, Niger State.

Introduction

Technical and Vocational Education and Training (TVET) has traditionally been regarded as an important pathway for preparing young people with practical competencies for productive employment and self-reliance. Unlike forms of education that place greater emphasis on theoretical knowledge, technical education combines occupational knowledge with practical skills that can be applied directly in workplaces and productive enterprises. In Nigeria, technical colleges constitute an important component of the TVET system because they are expected to develop competent craftsmen and technicians who can contribute to industrial development, employment creation and economic productivity. The National Policy on Senior Secondary Education identifies technical and vocational education as encompassing the acquisition of practical skills, knowledge, attitudes and understanding related to occupations, while emphasizing self-reliance and economic development as important goals of TVET.

The traditional expectation of technical college education has, therefore, extended beyond preparing graduates to seek paid employment. Graduates are also expected to possess the capacity to identify opportunities, establish small enterprises, manage productive resources and create employment for themselves and others. This expectation has become increasingly important in Nigeria because the number of young people entering the labour market continues to exceed the availability of formal wage

© 2026 ISARC Academy

employment. The International Labour Organization (ILO, 2023) noted continuing challenges associated with youth labour-market outcomes and school-to-work transitions in Nigeria.

Entrepreneurial skills provide an important bridge between technical competence and economic independence. Entrepreneurial skills include opportunity identification, creativity, innovation, business planning, financial management, marketing, communication, decision-making, risk management, networking and the ability to mobilize resources. A technical college graduate may be highly competent in an occupational skill but may still struggle to establish a viable enterprise if the individual lacks the ability to identify customers, estimate costs, determine prices, obtain finance, promote services and manage business risks.

The importance of entrepreneurship in technical education has received increasing attention in Nigeria. Umar and Mohammed (2023), for example, described entrepreneurship education in technical education as a pathway to income generation, poverty reduction and job creation. They emphasized the importance of qualified entrepreneurship teachers, practical resources, funding and access to credit in developing entrepreneurial capacity among technical education learners.

Similarly, Adeniyi et al. (2022) investigated entrepreneurial self-efficacy and entrepreneurial readiness among students in selected Nigerian TVET institutions. Their study found a significant relationship between several dimensions of entrepreneurial self-efficacy and entrepreneurial readiness. In particular, skills related to searching for opportunities, planning and implementing business activities contributed to entrepreneurial readiness, although the ability to marshal economic resources was comparatively weaker. This finding suggests that technical competence alone may not be sufficient to prepare graduates for successful self-employment; graduates also require competencies that enable them to transform technical knowledge into sustainable economic activities.

Entrepreneurial skills acquisition is particularly relevant to technical college graduates because their occupational competencies can provide the productive foundation for small-scale enterprise development. For instance, graduates in electrical installation, welding and fabrication, automobile mechanics, building construction, carpentry and joinery, furniture making, plumbing and other trades can provide services directly to households, institutions and industries. However, the ability to convert these skills into self-employment depends partly on entrepreneurial competencies and the availability of an enabling business environment.

Evidence from Nigeria also indicates a gap between technical skills acquisition and successful transition into employment. Abiona and Akinwumi (2021) observed that technical skills acquisition and job creation strategies require greater attention to the employability of graduates from technical training institutions. Their study highlighted concerns surrounding employment opportunities and the effectiveness of technical skills development in facilitating graduates' transition into work.

The challenge is particularly relevant in Niger State, where technical college graduates operate within an economy comprising formal businesses, informal enterprises, construction activities, automobile services, electrical services, furniture production, metalwork, agricultural enterprises and other small-scale economic activities. In such an environment, self-employment can provide an alternative pathway when wage employment is limited. However, the transition from technical college graduation to self-employment is not automatic. Graduates must possess the confidence, entrepreneurial knowledge, business management skills and resource-mobilization capabilities required to establish and sustain enterprises.

The Nigerian Youth Employment Action Plan emphasizes entrepreneurship and employability alongside employment creation and equality as major areas for improving youth employment outcomes (International Labour Organization [ILO], 2021). More recent national discussions on youth skills have likewise emphasized the need to connect education and technical training with labour-market opportunities, apprenticeships, career guidance, entrepreneurship and work-based learning.

Self-employment readiness refers to the extent to which an individual possesses the willingness, confidence, knowledge and capabilities required to initiate and manage an independent economic

© 2026 ISARC Academy

activity. It involves more than simply having an intention to start a business. A technically trained graduate who is self-employment-ready should be able to identify an opportunity, develop a feasible business idea, assess market demand, mobilize resources, prepare a simple business plan, manage financial resources, interact with customers and respond to business challenges.

The relationship between entrepreneurial skills and self-employment readiness is therefore important for technical education. Adeniyi et al. (2022) established that entrepreneurial self-efficacy was positively associated with entrepreneurial readiness among Nigerian TVET students and argued that entrepreneurship training should pay greater attention to business start-up and resource-mobilization competencies. Similarly, research in Niger State has shown that entrepreneurial knowledge, skills acquisition and networking can contribute to new venture creation among graduates (Shitu, 2024).

Despite these developments, there remains a need for empirical evidence specifically focusing on **technical college graduates in Niger State** and the relationship between the entrepreneurial skills they acquire and their readiness for self-employment. This study therefore examines entrepreneurial skills acquisition and self-employment readiness among technical college graduates in Niger State.

Statement of the Problem

Technical colleges are expected to produce graduates who can contribute meaningfully to the economy through wage employment, self-employment and enterprise creation. However, the possession of technical skills does not necessarily guarantee successful transition into employment or business ownership. Many graduates leave technical colleges with occupational competencies but may lack adequate entrepreneurial competencies in areas such as business planning, marketing, financial management, opportunity identification, customer relations and resource mobilization.

The problem is significant because Nigeria continues to face challenges in youth employment and school-to-work transition. The ILO (2023) reported continuing difficulties in youth labour-market outcomes and transitions from education into productive employment in Nigeria. The national youth employment framework consequently places emphasis on employability, entrepreneurship and employment creation.

The situation may be more challenging for technical college graduates because their training is strongly occupational in nature. While graduates may know how to perform technical tasks, they may not necessarily know how to establish, market and manage a business based on those skills. Adeniyi et al. (2022) found that although several dimensions of entrepreneurial self-efficacy were associated with entrepreneurial readiness among Nigerian TVET students, resource-mobilization skills were comparatively weak. This indicates that technical and entrepreneurial preparation may not always develop at the same level.

In Niger State, technical college graduates constitute an important potential source of skilled labour and small-business creation. Yet limited empirical attention has been directed specifically at whether graduates possess the entrepreneurial skills necessary to convert their occupational competencies into sustainable self-employment. Existing studies have examined entrepreneurship education, technical skills and employability in broader Nigerian contexts, while studies focusing specifically on the relationship between entrepreneurial skills acquisition and self-employment readiness among technical college graduates in Niger State remain limited.

Consequently, the problem of this study is that it is not sufficiently established whether the entrepreneurial skills acquired by technical college graduates in Niger State are adequate to prepare them for self-employment and whether a significant relationship exists between entrepreneurial skills acquisition and their readiness to become self-employed. Establishing this relationship is important for improving technical college curricula, strengthening entrepreneurship education and developing support systems that can help graduates move from technical competence to sustainable enterprise creation.

© 2026 ISARC Academy

Purpose of the Study

The main purpose of the study was to examine entrepreneurial skills acquisition and self-employment readiness among technical college graduates in Niger State.

Specifically, the study sought to:

1. determine the level of entrepreneurial skills acquired by technical college graduates in Niger State; and

2. determine the level of self-employment readiness among technical college graduates in Niger State.

Research Questions

The following research questions guided the study:

1. What is the level of entrepreneurial skills acquired by technical college graduates in Niger State?

2. What is the level of self-employment readiness among technical college graduates in Niger State?

Research Hypotheses

The following null hypotheses were tested at 0.05 level of significance:

H_{o1}: There is no significant relationship between entrepreneurial skills acquisition and self-employment readiness among technical college graduates in Niger State.

H_{o2}: Entrepreneurial skills acquisition does not significantly predict self-employment readiness among technical college graduates in Niger State.

Methodology

The study adopted a correlational survey research design because it sought to determine the level of entrepreneurial skills acquired by technical college graduates and examine the relationship between entrepreneurial skills acquisition and self-employment readiness without manipulating any variable. The study was conducted in Niger State, Nigeria, located in North-Central Nigeria, where technical colleges and vocational training institutions serve urban and semi-urban communities and where major economic activities include agriculture, construction, transportation, manufacturing, trading and various artisan and technical services that provide opportunities for graduates to establish small enterprises. The population comprised technical college graduates in Niger State who had completed technical and vocational programmes, with a target population of 180 graduates, from which a sample of 160 graduates was selected through a multistage sampling procedure. The sample comprised graduates from technical trades such as electrical installation, automobile technology, building construction, woodwork technology, welding and fabrication, and related programmes. Data were collected using a structured questionnaire titled Entrepreneurial Skills Acquisition and Self-Employment Readiness Questionnaire (ESASRQ), consisting of Section A for demographic information and Section B for measuring entrepreneurial skills acquisition and self-employment readiness. The entrepreneurial skills component covered opportunity identification, business planning, financial management, marketing, communication and customer relations, decision-making and problem-solving, and resource mobilization, while the self-employment readiness component measured respondents' confidence and willingness to establish a business, ability to prepare for business start-up, willingness to assume reasonable business risks, ability to identify customers and readiness to manage an enterprise. A four-point response scale of Very High Extent (4), High Extent (3), Low Extent (2), and Very Low Extent (1) was used. The instrument was subjected to face and content validation by three experts comprising

© 2026 ISARC Academy

two specialists in Technical and Vocational Education and one specialist in Entrepreneurship Education, whose observations concerning the clarity, relevance, adequacy and appropriateness of the items were incorporated into the final instrument. A pilot test conducted with technical college graduates outside the study area yielded an overall Cronbach's alpha reliability coefficient of 0.86, indicating satisfactory internal consistency. The researcher administered the questionnaire directly to the selected graduates with the assistance of trained research assistants, and all 160 copies administered were retrieved, representing a 100% return rate. Data collected were analysed using mean and standard deviation to answer the research questions, with a criterion mean of 2.50, whereby items with mean scores of 2.50 or above were regarded as high, while those below 2.50 were regarded as low. Pearson Product Moment Correlation and simple linear regression were used to test the hypotheses at the 0.05 level of significance.

Results

Research Question 1: What is the level of entrepreneurial skills acquired by technical college graduates in Niger State?

Table 1: Mean and Standard Deviation of Entrepreneurial Skills Acquired by Technical College Graduates

S/N	Entrepreneurial Skills	Mean	SD	Decision
1	Identifying business opportunities	3.18	0.71	High
2	Developing business ideas	3.05	0.76	High
3	Preparing simple business plans	2.91	0.82	High
4	Marketing products and services	3.12	0.73	High
5	Managing business finances	2.78	0.88	High
6	Setting prices for products/services	3.01	0.79	High
7	Communicating with customers	3.24	0.69	High
8	Managing business risks	2.69	0.91	High
9	Mobilizing resources for business start-up	2.57	0.94	High
10	Decision-making and problem-solving	3.15	0.72	High
	Grand Mean	**2.97**	**0.81**	**High**

Table 1 shows that all the entrepreneurial skills recorded mean scores above the criterion mean of 2.50. The grand mean of 2.97 indicates that technical college graduates possessed entrepreneurial skills to a high extent. The highest mean was recorded for communicating with customers (3.24), followed by identifying business opportunities (3.18) and decision-making and problem-solving (3.15). Resource mobilization recorded the lowest mean of 2.57, although it remained above the criterion mean. This suggests that graduates possessed basic entrepreneurial competencies but may be relatively less confident in obtaining and mobilizing resources for business start-up.

Research Question 2: What is the level of self-employment readiness among technical college graduates in Niger State?

Table 2: Mean and Standard Deviation of Self-Employment Readiness

S/N	Self-Employment Readiness Indicators	Mean	SD	Decision
1	Willingness to establish a personal business	3.21	0.75	High
2	Confidence in using technical skills for business	3.34	0.66	High
3	Ability to identify potential customers	3.08	0.77	High
4	Readiness to develop a business plan	2.96	0.83	High
5	Willingness to take calculated business risks	2.88	0.86	High
6	Confidence in managing a small enterprise	3.04	0.78	High
7	Readiness to work independently	3.27	0.68	High
8	Readiness to manage business challenges	2.82	0.89	High
9	Readiness to seek business opportunities	3.18	0.72	High

© 2026 ISARC Academy

10	Confidence in sustaining a business	2.86	0.87	High
	Grand Mean	**3.06**	**0.78**	**High**

Table 2 indicates that all the self-employment readiness indicators recorded mean scores above 2.50. The grand mean of 3.06 shows that technical college graduates demonstrated a high level of readiness for self-employment. Confidence in using technical skills for business had the highest mean score of 3.34, while readiness to manage business challenges recorded the lowest mean of 2.82. The finding indicates that graduates were generally willing and confident to engage in self-employment, although some may require additional support in managing uncertainties and sustaining enterprises.

Hypothesis 1

H_{01}: There is no significant relationship between entrepreneurial skills acquisition and self-employment readiness among technical college graduates in Niger State.

Table 3: Pearson Correlation between Entrepreneurial Skills Acquisition and Self-Employment Readiness

Variables	N	Mean	SD	r	p-value	Decision
Entrepreneurial Skills Acquisition	160	2.97	0.81			
Self-Employment Readiness	160	3.06	0.78	**0.684**	**<.001**	Significant

Table 3 shows a positive and statistically significant relationship between entrepreneurial skills acquisition and self-employment readiness among technical college graduates ($r = 0.684$, $p < .001$). Since the p-value is less than 0.05, the null hypothesis is rejected. This indicates that graduates with higher levels of entrepreneurial skills acquisition tended to demonstrate higher levels of self-employment readiness.

Hypothesis 2

H_{02}: Entrepreneurial skills acquisition does not significantly predict self-employment readiness among technical college graduates in Niger State.

Table 4: Simple Linear Regression of Entrepreneurial Skills Acquisition on Self-Employment Readiness

Model	R	R^2	Adjusted R^2	F	p-value	Decision
Entrepreneurial Skills → Self-Employment Readiness	0.684	0.468	0.465	138.92	<.001	Significant

Regression coefficient

Predictor	B	SE	Beta	t	p-value
Constant	1.142	0.165	—	6.92	<.001
Entrepreneurial Skills Acquisition	0.646	0.055	0.684	11.79	<.001

Table 4 shows that entrepreneurial skills acquisition significantly predicted self-employment readiness, $F(1,158) = 138.92$, $p < .001$. The R^2 value of 0.468 indicates that entrepreneurial skills acquisition explained approximately 46.8% of the variance in self-employment readiness. Since the p-value is below 0.05, the null hypothesis is rejected. The result indicates that entrepreneurial skills acquisition is an important predictor of graduates' readiness for self-employment.

© 2026 ISARC Academy

Discussion of Findings

The finding from Research Question 1 revealed that technical college graduates in Niger State possessed entrepreneurial skills to a high extent, with a grand mean of 2.97. Graduates demonstrated relatively strong competencies in customer communication, opportunity identification, decision-making, marketing and business idea development. However, resource mobilization recorded the lowest mean. This finding suggests that while graduates may possess the knowledge required to identify and operate potential businesses, access to financial and other start-up resources remains a potential weakness.

The finding agrees with Adeniyi et al. (2022), who found that entrepreneurial self-efficacy was significantly associated with entrepreneurial readiness among students in selected Nigerian TVET institutions. Their study particularly identified searching, planning and implementing competencies as important dimensions of entrepreneurial readiness, while resource-mobilization skills were comparatively weaker. The similarity may be explained by the fact that technical education often develops occupational competence more directly than the practical financial and resource-mobilization competencies required for enterprise establishment.

The finding also agrees with Umar and Mohammed (2023), who argued that entrepreneurship within technical education can serve as a pathway to income generation and job creation but requires adequate instructional personnel, practical resources, funding and access to credit. This suggests that entrepreneurial skills acquisition should not be restricted to classroom knowledge but should include practical experiences involving business planning, market analysis, financial management and enterprise development.

The finding from Research Question 2 showed that technical college graduates demonstrated a high level of self-employment readiness, with a grand mean of 3.06. The graduates particularly expressed confidence in using their technical skills for business and showed willingness to work independently and establish personal businesses. This result suggests that technical college training can provide an important foundation for self-employment when graduates are exposed to appropriate entrepreneurial preparation.

This finding is consistent with Adeniyi et al. (2022), who reported that entrepreneurial self-efficacy positively influenced entrepreneurial readiness among TVET students in Nigeria. Their findings suggest that individuals who believe in their capacity to undertake entrepreneurial tasks are more likely to demonstrate readiness for business creation. The present finding therefore reinforces the importance of developing graduates' confidence alongside technical and occupational competence.

The finding for Hypothesis 1 revealed a significant positive relationship between entrepreneurial skills acquisition and self-employment readiness. The correlation coefficient of 0.684 indicates a moderately strong positive relationship. This means that graduates who reported higher levels of entrepreneurial skills acquisition also tended to demonstrate higher levels of readiness for self-employment.

This result supports Adeniyi et al. (2022), who established significant relationships between dimensions of entrepreneurial self-efficacy and entrepreneurial readiness among Nigerian TVET students. It is also consistent with Shitu (2024), who found that entrepreneurial knowledge, skills acquisition and networking served as important enablers of new venture creation among graduates in semi-urban areas of Niger State.

The finding for Hypothesis 2 further established that entrepreneurial skills acquisition significantly predicted self-employment readiness. The regression analysis indicated that entrepreneurial skills explained 46.8% of the variance in self-employment readiness. This suggests that entrepreneurial skills are an important component of graduates' preparation for independent economic activity.

The finding is consistent with the broader position of the ILO that strengthening the link between education and the labour market requires not only technical and vocational skills but also core employability skills, work-based learning, counselling and career guidance. It also corresponds with Nigeria's youth employment strategy, which places entrepreneurship and employability alongside employment creation as key intervention areas.

© 2026 ISARC Academy

The findings have an important implication for technical college education in Niger State. Technical competence should not stand alone. The old craft tradition itself offers a useful lesson: the skilled artisan who understands both the craft and the marketplace is better positioned to earn a living from the trade. Modern technical education should therefore preserve practical craftsmanship while strengthening the entrepreneurial capabilities required to turn that craftsmanship into sustainable enterprise.

Conclusion

The study examined entrepreneurial skills acquisition and self-employment readiness among technical college graduates in Niger State. The findings indicate that graduates possessed entrepreneurial skills at a high level and demonstrated a correspondingly high level of readiness for self-employment. The study further established a significant positive relationship between entrepreneurial skills acquisition and self-employment readiness and showed that entrepreneurial skills significantly predicted graduates' readiness for independent economic activity.

The study concludes that technical college education can contribute more effectively to employment creation when occupational skills are integrated with practical entrepreneurship education. Graduates should not merely leave college knowing how to perform a trade; they should also know how to build a livelihood from that trade. Strengthening this connection can support self-reliance, enterprise development and youth employment in Niger State.

Recommendations

Based on the findings, the following recommendations are made:

1. Technical colleges should strengthen practical entrepreneurship education by integrating business planning, marketing, costing, bookkeeping, customer relations and financial management into technical programmes.

2. Enterprise-based practical training should be increased. Students should be required to develop simple business plans and undertake practical projects that simulate real business operations before graduation.

3. Technical colleges should establish stronger partnerships with successful entrepreneurs and industries to provide mentorship, apprenticeships, market exposure and practical business experience for students and graduates.

4. Government and relevant financial institutions should improve access to start-up finance for qualified technical college graduates through affordable loans, grants and enterprise-development schemes.

5. Resource-mobilization skills should receive greater attention because the findings showed that this was one of the comparatively weaker entrepreneurial competencies among graduates.

6. Post-graduation entrepreneurship support centres should be established or strengthened within technical colleges to provide graduates with business advice, registration guidance, market information and mentorship.

7. Entrepreneurship instructors should receive regular professional development in contemporary enterprise development, digital marketing, financial technology and small-business management.

8. Technical college curricula should be linked more closely with local economic opportunities in Niger State, enabling graduates to identify realistic business opportunities in construction, electrical services, automobile repairs, furniture production, welding, fabrication and other technical trades.

© 2026 ISARC Academy

References

Abiona, O. A., & Akinwumi, F. S. (2021). Technical skills acquisition, job creation strategies and employability of technical college graduates in Oyo State, Nigeria. *African Journal of Educational Management*.

Adeniyi, A. O., Derera, E., & Gamede, V. (2022). Entrepreneurial self-efficacy for entrepreneurial readiness in a developing context: A survey of exit level students at TVET institutions in Nigeria. *SAGE Open, 12*(2), 1–15. https://doi.org/10.1177/21582440221095059.

International Labour Organization. (2021). *Nigerian Youth Employment Action Plan 2021–2024*. ILO.

International Labour Organization. (2023). *ILO youth country briefs: Nigeria*. ILO.

International Labour Organization. (2024). *Skills for youth employment*. ILO.

International Labour Organization. (2026). *Nigeria unites to equip youth for jobs, innovation and prosperity*. ILO.

Shitu, S. (2024). Entrepreneurial education, economic opportunities and venture creation in the semi-urban areas of Niger State, Nigeria. *Lapai Journal of Economics*.

Umar, B. K., & Mohammed, A. U. (2023). Entrepreneurship in technical education: Pathway to job opportunities in Nigeria. *Minna International Journal of Science and Technology, 2*(2), 51–56.

Federal Republic of Nigeria. (2025). *National Policy on Senior Secondary Education*. Federal Ministry of Education.

© 2026 ISARC Academy

AGING AND LONGEVITY WITH DIGNITY: AUTONOMY AND THE RIGHT TO CARE UNDER BRAZIL'S NATIONAL CARE POLICY (LAW No. 15,069 OF DECEMBER 23, 2024)

Deilton RIBEIRO BRASIL[1]

University of Itaúna (UIT)

ABSTRACT:

This study examines how Brazil's National Care Policy, established by Law No. 15,069 of December 23, 2024, can support aging and longevity with dignity. Its general objective is to assess the policy's legal contribution to protecting older persons' autonomy and right to care. Specifically, it analyzes the distribution of care responsibilities and the protection afforded to older persons requiring assistance with daily activities and to unpaid caregivers. The research asks whether recognizing care as a universal right provides an adequate legal foundation for reconciling support needs with autonomy in later life. The hypothesis is that the law strengthens this protection by connecting dignity, independence, and shared responsibility, although its practical effectiveness depends on coordinated implementation and adequate resources. The investigation adopts the hypothetical-deductive method, supported by documentary research and qualitative legal analysis of the law's objectives, principles, priority groups, implementation arrangements, and financing provisions. The findings indicate that the policy provides a normative basis for integrating care provision with respect for autonomy, combating ageism, and redistributing unpaid care work. They also identify the importance of accessible services, coordination among governmental levels, and support for caregivers in translating legal recognition into effective protection. The hypothesis is therefore supported at the normative level, without establishing empirical improvements in longevity or care outcomes. The examination concludes that aging with dignity requires implementation measures that preserve older persons' participation and autonomy while addressing inequalities affecting both care recipients and caregivers.

KEYWORDS: Aging; Longevity; Right to care; Older persons; Autonomy; National Care Policy.

TABLE OF CONTENTS: 1. Introduction. 2. Aging, Autonomy, and the Right to Care: Legal Foundations for Longevity with Dignity. 3. Shared Responsibility and Caregiver Protection: Implementing Brazil's National Care Policy. 4. Concluding remarks. 5. Bibliography.

1. INTRODUCTION.

The relationship between aging and longevity raises legal questions concerning the conditions in which people experience later life. Beyond the extension of lifespan, attention must be directed to dignity, autonomy, social participation, and access to appropriate support. The protection of older persons therefore requires an approach that recognizes their decision-making capacities while addressing circumstances that may restrict the exercise of their rights. Aging cannot be equated with dependence, and assistance with daily activities should remain compatible with personal preferences and participation in decisions concerning care.

In Brazil, Law No. 15,069 of December 23, 2024, establishes the National Care Policy and recognizes the universal right to receive care, provide care, and practice self-care. The legislation defines the policy

[1] Post Doctoral studies at University of Coimbra (UC), Portugal and Università Degli Studi di Messina (UNIME), Italy. PhD in Law from Gama Filho University, Rio de Janeiro (RJ). Professor in the Bachelor's Law Course, Master's and Doctoral Programs in the Protection of Fundamental Rights at University of Itaúna (UIT), Brazil, South America. Orcid: https://orcid.org/0000-0001-7268-8009

© 2026 ISARC Academy

as a State duty, to be fulfilled through shared responsibility with families, the private sector, and civil society. Although its scope extends beyond older persons, it expressly prioritizes those who require assistance with basic and instrumental activities of daily living. Its principles include dignity, autonomy, independence, interdependence, and opposition to ageism, providing a normative basis for examining how care can support aging with dignity.

The central difficulty concerns the relationship between legal recognition and the conditions necessary for exercising the right to care. Recognizing this right does not, by itself, establish how services will accommodate individual preferences, how responsibilities will be distributed, or how unequal access will be addressed. The legislation provides for gradual and progressive realization, intersectoral implementation, and financing subject to financial and budgetary availability. These features invite examination of how its protective commitments can be translated into accessible and sustained support.

This difficulty also involves the relationship between autonomy and interdependence. An older person may require assistance without losing the capacity to express preferences or participate in decisions. Care arrangements must therefore be examined in terms of both the support provided and the opportunities preserved for self-determination. Likewise, shared responsibility requires attention to whether institutional arrangements distribute care obligations effectively or leave families and unpaid caregivers with insufficient support. The protection of care recipients and the recognition of caregivers consequently form interconnected dimensions of the research problem.

In this regard, the research asks: to what extent does Law No. 15,069/2024 provide an adequate legal foundation for reconciling older persons' care needs with autonomy and dignity throughout the aging process? This question encompasses the coherence of the statutory framework and the implementation conditions necessary to realize its commitments. It requires distinguishing the existence of protective provisions from their capacity to guide responsibilities, service provision, and participation in care decisions.

The hypothesis is that the National Care Policy strengthens the legal protection of older persons by connecting the right to care with autonomy, interdependence, and shared responsibility. Its practical effectiveness, however, depends on coordinated public action, accessible services, adequate resources, and support for caregivers. The hypothesis thus concerns the law's normative contribution and the conditions governing its implementation; it does not presume that legislative recognition has already improved longevity or reduced inequalities in access to care.

The general objective is to assess the policy's legal contribution to protecting older persons' autonomy and right to care. Specifically, the study examines the distribution of responsibilities, the protection afforded to older persons requiring assistance and to unpaid caregivers, and the relationship between statutory principles and implementation arrangements. These objectives delimit the investigation to the legal organization of care and its implications for aging with dignity.

The research adopts the hypothetical-deductive method. Starting from the tension between universal recognition of the right to care and the requirements for its realization, it formulates the provisional hypothesis and derives propositions for examination. These include the expectation that care arrangements should preserve autonomy, that shared responsibility should involve institutional support, and that implementation mechanisms should remain consistent with protective principles. The analysis assesses whether the statutory provisions sustain these propositions or reveal gaps and tensions requiring qualification of the hypothesis.

The methodological procedures comprise documentary research and qualitative legal analysis. The law is examined through interconnected categories: entitlement to care, autonomy, priority groups, allocation of responsibilities, support for caregivers, implementation, and financing. Its principles and objectives are compared with its operational provisions to identify normative connections and limitations. The investigation does not include interviews, service evaluations, or statistical measurement. Its conclusions therefore concern the legal framework's coherence and protective potential, providing grounds for proposals without claiming empirical verification of policy outcomes.

© 2026 ISARC Academy

The preliminary findings indicate that Law No. 15,069/2024 provides a normative basis for connecting older persons' right to care with autonomy, social participation, and shared responsibility. Its principles support an interpretation under which assistance with daily activities should preserve individual preferences and participation in care decisions. The analysis also identifies a tension between the universal recognition of this right and its progressive realization through implementation arrangements and available resources. These findings provisionally support the hypothesis at the normative level, while leaving the policy's practical effects open to empirical investigation. They suggest that implementation should prioritize accessible services, clearly assigned institutional responsibilities, meaningful participation by older persons, and support for unpaid caregivers. Such measures could help translate statutory commitments into sustained protection while addressing inequalities affecting both those who receive care and those who provide it.

DISCLAIMER: This investigation made restricted use of artificial intelligence (AI) tools exclusively as auxiliary support for grammatical revision, textual organization, technical translation, and terminological standardization. All analytical content, the formulation of the research problem and hypothesis, the selection and application of the hypothetical-deductive method, and the final considerations were independently developed by the author. All stages of the research process were conducted under human supervision, thereby ensuring scientific reliability, authorial responsibility, and the intellectual autonomy of the manuscript.

2. AGING, AUTONOMY, AND THE RIGHT TO CARE: LEGAL FOUNDATIONS FOR LONGEVITY WITH DIGNITY.

Longevity with dignity requires an understanding of care that encompasses material support, personal autonomy, and social participation. Brazil's National Care Policy provides a legal foundation for this approach. Article 1, paragraph 1, of Law No. 15,069/2024 expressly establishes that "all persons have the right to care," while paragraph 2 specifies that this right "comprises the right to be cared for, to provide care, and to self-care" (Brazil, 2024). These provisions recognize older persons as holders of a universal right encompassing both the receipt and provision of care. They support an understanding of aging attentive to individual needs, preferences, and participation, including when assistance with everyday activities becomes necessary. From this perspective, longevity with dignity depends on care arrangements that provide adequate support while preserving personal autonomy.

For this purpose, autonomy and the need for assistance should be considered together. Article 8, item II, of Law No. 15,069/2024 identifies as a priority population "older persons who require assistance, support, or help to perform basic and instrumental activities of daily living" (Brazil, 2024). This provision must be read alongside Article 6, which establishes the principles of "promotion of people's autonomy and independence" (item IV), "anti-ageism" (item VIII), and "valuing and respecting people's lives, citizenship, abilities, and interests" (item XII) (Brazil, 2024). Examined together, these provisions support an interpretation under which assistance should enable participation in everyday life while respecting individual preferences. The need for help with practical tasks does not, by itself, justify disregarding the person's voice in decisions about care. Thus, support arrangements should preserve opportunities for older persons to express their wishes and participate in decisions affecting their lives.

This understanding connects with Machado and Brasil's (2022, p. 229) argument that gerontological education can prepare professionals to respond to older persons' circumstances and promote their empowerment and participation in community decisions. Their contribution situates social inclusion within professional education and the recognition of older persons as active participants in society. This perspective finds support in Article 6 of Law No. 15,069/2024, which expressly establishes "anti-ageism" (item VIII) and "valuing and respecting people's lives, citizenship, abilities, and interests" (item XII) as principles of the National Care Policy (Brazil, 2024). Article 7, item IX, further establishes "continuing and ongoing training in care-related matters" as a policy guideline. Its subitems specify three groups: federal, state, district, and municipal public servants involved in managing and

© 2026 ISARC Academy

implementing public policies (a); service providers working within public or private service networks (b); and paid and unpaid care workers, including family and community caregivers (c) (Brazil, 2024). These provisions connect respect for older persons with the preparation of those responsible for organizing and delivering care.

Professional preparation also requires attention to the relational conditions in which older persons exercise autonomy. In their discussion of relational autonomy, Paranhos and Albuquerque (2018, pp. 41-42) explain that individual choices develop within social, cultural, and economic contexts that may support or constrain participation in care decisions. Their analysis highlights the importance of communication, attentive listening, and opportunities for patients to understand and discuss their care. This perspective extends the preceding discussion of gerontological education: training should equip professionals to recognize personal values and relationships, communicate information clearly, and create conditions in which older persons can meaningfully influence decisions affecting their lives.

The distinction between physical dependence and decision-making autonomy is particularly relevant to this approach. Paranhos and Albuquerque (2018, pp. 46-47) observe that needing assistance from others does not necessarily compromise an older person's autonomy, although professionals and relatives may disregard individual preferences when determining care arrangements. They emphasize that social support should facilitate the expression of the person's wishes. For the present analysis, this distinction means that protective measures should respond to specific support needs without treating assistance as evidence of an inability to decide. Care practices should therefore provide opportunities for participation and remain attentive to previously expressed preferences when illness or cognitive limitations affect communication.

The relational protection of autonomy must also extend to the organization of everyday care. Sherwin and Winsby (2011, p. 187) explain that institutional routines centered on completing tasks may prioritize efficiency at the expense of residents' choices. Their discussion identifies restrictions concerning personal space, privacy, bathing, meals, and social interaction. For the present analysis, this contribution indicates that the right to care should also be assessed through the opportunities older persons have to influence ordinary aspects of their lives. Respect for dignity therefore requires care arrangements that accommodate individual habits and preferences while responding to identified support needs.

Participation in these arrangements should be sustained over time and adapted to the decisions involved. Sherwin and Winsby (2011, p. 188) caution that institutional practices can restrict autonomy more extensively than residents' actual limitations require. They also identify the risk that difficulties with complex decisions will be interpreted as an inability to make any decisions. Applied to the framework examined here, this analysis supports regular opportunities to discuss care, revisit preferences, and identify choices that the person can continue to make. Such an approach gives practical expression to autonomy by maintaining involvement as needs change and preventing institutional routines from displacing the person's voice.

Sherwin and Winsby (2011, p. 189) further argue for institutional cultures that expand residents' options and attend to their social well-being, while acknowledging the resources and staffing that more responsive arrangements may require. Their approach connects individual agency with the conditions in which care is provided. In the context of Brazil's National Care Policy, this perspective supports evaluating services by their capacity to sustain meaningful choices, relationships, and participation in daily life. The protection of autonomy consequently depends on both the quality of interpersonal care and the organizational conditions that make respectful assistance possible. This connection also brings the accessibility and material adequacy of care services into the analysis.

The effective exercise of autonomy also depends on access to appropriate services. Huenchuan (2014, p. 159) approaches care as a right within a human rights framework and connects it with the State's responsibility to guarantee access to social services for persons experiencing temporary or permanent dependence. She further observes that limited coverage and high costs can expose older persons requiring care to impoverishment, while family assistance may be insufficient or unavailable (Huenchuan, 2014, p. 160). Applied to the framework examined here, this contribution supports the

© 2026 ISARC Academy

argument that recognizing individual preferences must be accompanied by material conditions that make choices practicable. The availability and affordability of care consequently become relevant to the protection of autonomy.

Huenchuan (2014, pp. 162-163) further identifies equality and universality as principles for organizing care services, emphasizing that access should increasingly reflect personal needs rather than purchasing capacity or family background. Read alongside relational autonomy, this perspective suggests that the protection of older persons requires attention both to their participation in decisions and to inequalities that restrict available support. For Brazil's National Care Policy, these contributions provide an interpretive basis for connecting the recognition of care as a right with accessible services and respect for individual agency. Aging with dignity thus requires conditions in which older persons can receive necessary assistance while continuing to participate in decisions about how they live and are cared for.

3. SHARED RESPONSIBILITY AND CAREGIVER PROTECTION: IMPLEMENTING BRAZIL'S NATIONAL CARE POLICY.

The protection of older persons' autonomy depends on care arrangements that distribute responsibilities across society. Pautassi (2016, pp. 38-39) explains that recognizing care as a universal right generates obligations for the State and requires standards of equality, participation, and progressive realization. Her analysis provides a basis for understanding shared responsibility as an institutional commitment to organize access and define obligations. Article 2 of Law No. 15,069/2024 establishes that the National Care Policy is a duty of the State, encompassing the Union, states, Federal District, and municipalities within their respective competences, in shared responsibility with families, the private sector, and civil society (Brazil, 2024). For older persons, this framework supports arrangements in which family assistance is accompanied by public action and coordinated institutional support.

Pautassi (2016, p. 40) further argues that expanding services must be accompanied by changes in the distribution of responsibilities, legally recognized leave, and family and social arrangements. Her contribution highlights the importance of connecting investment in care with the redistribution of its everyday demands. Article 9 of Law No. 15,069/2024 requires the National Care Plan to establish actions, targets, indicators, and responsible bodies, while paragraph 2, item V, provides for measures to reduce the burden of unpaid work on families, particularly women (Brazil, 2024). Applied to older persons' care, these provisions support implementation strategies that combine accessible services with relief from excessive caregiving demands. Their effectiveness should therefore be assessed through improvements in s The distribution of responsibilities also requires attention to the social valuation of care work. Hirata (2016, p. 54), drawing on comparative research in Brazil, France, and Japan, identifies low remuneration and limited professional recognition as recurring characteristics of care occupations. She connects this devaluation with the historical performance of unpaid domestic care by women. This analysis helps explain why expanding care provision requires measures addressing the conditions of those who deliver it. Article 4, items V and VI, of Law No. 15,069/2024 establishes the promotion of decent work for paid care workers and the recognition, reduction, and redistribution of unpaid care work as policy objectives. Article 8, items IV and V, includes both groups among the priority populations (Brazil, 2024). Caregiver protection consequently forms an express component of the statutory framework.

Hirata (2016, p. 61) also emphasizes the interdependence of gender, racial, and class inequalities in care work and the importance of public policies in transforming its unequal distribution. Her analysis supports implementation attentive to the different conditions experienced by caregivers. Article 7, item V, of Law No. 15,069/2024 establishes the simultaneous provision of services for those who provide and receive care, recognizing their interdependence. Article 9, paragraph 2, item VIII, additionally requires improvements in statistical and administrative data to support policy management and recognize the economic and social value of unpaid care work (Brazil, 2024). These provisions provide a basis for assessing who performs care, under what conditions, and whether available support reduces

© 2026 ISARC Academy

inequalities while respecting older persons' needs and preferences service access and in the distribution of care responsibilities.

Attention to working conditions also requires recognition of professional qualifications and protection against discrimination. Hirata (2016, p. 58) reports that caregivers interviewed in Brazil experienced racism and describes the employment of nursing professionals as caregivers without corresponding recognition of their qualifications in remuneration. These findings suggest that professional preparation should be accompanied by fair treatment and recognition of the work performed. Article 6, items III and VI, of Law No. 15,069/2024 establishes equity, non-discrimination, and anti-racism as policy principles, while Article 9, paragraph 2, item IV, connects decent work with labour rights, social protection, and professional qualification (Brazil, 2024). From this perspective, implementation should address discriminatory practices and promote consistency between qualifications, assigned duties, and working conditions. Such measures would strengthen caregiver protection and support care arrangements that respect the dignity of both workers and older persons.

The protection of caregivers also requires attention to how their professional responsibilities and identities are defined. Araujo (2022, p. 6) explains that the construction of a distinct occupational identity involves both the delimitation of activities and efforts to distance care work from the social meanings associated with domestic service. Her analysis shows how professional recognition is shaped by the unequal valuation of activities performed within households. For the present research, this contribution supports care arrangements that clearly identify responsibilities and recognize the skills involved in providing assistance. Implementing shared responsibility therefore requires agreements among workers, families, and service providers that address the scope of care and the support necessary for its delivery.

Professional qualification forms another part of this process. Araujo (2022, p. 7) identifies the role of training courses and private intermediaries in distinguishing care work from domestic work and shaping caregivers' professional identities. Her discussion shows that organizations involved in recruitment and training also participate in defining how care occupations are understood. Applied to Brazil's National Care Policy, this perspective supports attention to the responsibilities of institutions that prepare workers and organize their entry into employment. Training initiatives should include clear information about assigned activities, professional boundaries, and communication with those receiving care. Their contribution should also be assessed through the institutional support available when workers encounter demands exceeding their agreed responsibilities.

The pursuit of professional recognition must also consider the inequalities that persist across care occupations. Araujo (2022, p. 9) observes that distinctions between care work and domestic work reveal hierarchies of occupational value and disagreements over strategies for improving workers' recognition. She further identifies similar experiences of invisibility and stigma affecting both groups. For the framework examined here, these findings support an inclusive approach to caregiver protection, attentive to the different activities through which older persons receive assistance. Measures defining professional roles should be accompanied by respect for workers' dignity, opportunities for collective participation, and improvements in working conditions. This approach connects the organization of care with the substantive protection associated with decent work.

The protection of paid caregivers requires attention to the relationship between decent work and access to social protection. Bittencourt and Brasil (2022, pp. 126-127), examining the International Labour Organization's framework, connect fundamental labour rights, quality employment, social dialogue, and the extension of social protection. They emphasize that protection should reach people who depend on their labour for survival, including those outside formal employment relationships. Their analysis also associates employment quality with protection against circumstances affecting workers and their families, such as illness and loss of livelihood. Applied to paid caregiving, this perspective supports assessing the National Care Policy through workers' actual access to protection, particularly where informality creates insecurity. It also draws attention to caregivers' own needs and to the dependence of their households on income generated by care work.

© 2026 ISARC Academy

Participation constitutes another dimension of caregiver protection. Bittencourt and Brasil (2022, p. 128) present social dialogue as a central component of decent work, encompassing negotiation, consultation, and exchanges among governments, employers, and workers on matters affecting working life. Their discussion provides a basis for involving care workers in decisions concerning the organization and conditions of their activities. Article 7, item III, of Law No. 15,069/2024 establishes participation and social oversight as guidelines for policy formulation, implementation, and monitoring. Article 11 requires the governance of the National Care Plan to observe intersectoral coordination, cooperation among levels of government, participation, and social oversight (Brazil, 2024). These provisions support institutional channels through which caregivers can communicate difficulties, contribute to policy evaluation, and propose improvements grounded in their everyday experience.

The practical realization of caregiver protection also depends on safety at work. Bittencourt and Brasil (2022, p. 129) associate this dimension of decent work with protection against risks to workers' life and health, the provision of personal protective equipment, and employment security. Their analysis supports treating preventive measures as part of the institutional organization of care. Article 7, item IV, of Law No. 15,069/2024 establishes permanent, integrated, and coordinated action across health, social assistance, labour and income, social security, and other public policies (Brazil, 2024). Read alongside the authors' contribution, this guideline supports coordination between care services and measures protecting workers' health. Implementation should therefore incorporate risk prevention, appropriate protective resources, and access to occupational health support, connecting the protection of caregivers with the conditions necessary for older persons to receive care with dignity.

4. CONCLUDING REMARKS.

The research achieved its general objective of assessing the legal contribution of Brazil's National Care Policy to protecting older persons' autonomy and right to care. Its specific objectives were addressed through the examination of the distribution of responsibilities, the protection afforded to older persons requiring assistance and to unpaid caregivers, and the relationship between statutory principles and implementation arrangements. The analysis identified a normative framework connecting dignity, autonomy, interdependence, and shared responsibility. It also established that assistance with daily activities should be organized in ways that preserve individual preferences and participation in care decisions. Within this framework, the protection of caregivers constitutes an essential component of the institutional conditions supporting aging with dignity.

In response to the research problem, Law No. 15,069/2024 provides an adequate legal foundation for reconciling older persons' support needs with autonomy and dignity throughout the aging process. The hypothesis is therefore supported at the normative and interpretative levels. The recognition of care as a universal right, together with the allocation of responsibilities and the protection of both care recipients and providers, strengthens the legal organization of care. Its practical effectiveness remains dependent on coordinated public action, accessible services, adequate resources, and sustained support for caregivers. Shared responsibility consequently requires identifiable institutional duties and arrangements capable of maintaining assistance over time, including when family support is insufficient or unavailable.

The hypothetical-deductive method was important in developing this assessment. Starting from the tension between universal recognition of the right to care and the conditions necessary for its realization, the investigation formulated a provisional hypothesis and derived propositions concerning autonomy, institutional support, and implementation. Documentary research enabled a systematic examination of the statutory framework, while qualitative legal analysis supported the interpretation of connections between its principles, objectives, and operational provisions. Engagement with scholarly literature clarified the relational character of autonomy and the inequalities affecting care work. These procedures made it possible to assess the consistency of the proposed interpretation and identify conditions qualifying the hypothesis, while preserving the distinction between legal protection and demonstrated policy outcomes.

© 2026 ISARC Academy

The empirical limitations of the investigation delimit the scope of these conclusions. The research did not include interviews, direct observation of care services, evaluations of implementation, or statistical measurement of outcomes. It therefore cannot establish that the policy has increased longevity, expanded effective access to services, reduced unpaid workloads, or improved employment conditions in practice. Although the literature provides contextual evidence, the examination did not independently measure these effects. Further research should combine institutional and budgetary analysis with the experiences of older persons, families, and care workers. Comparative studies across territories could also examine how differences in resources and service organization influence the practical exercise of the right to care.

The findings support proposals directed first towards preserving autonomy within care arrangements. Services should provide accessible information, attentive communication, and meaningful opportunities for older persons to express their preferences and participate in decisions affecting their lives. Assessment of support needs should consider the person's circumstances, relationships, and available resources, recognizing that assistance with practical activities does not, by itself, establish an inability to decide. Continuing professional education should connect technical preparation with respect for dignity, the prevention of ageism, and the recognition of older persons as active participants. These measures should remain responsive to changing assistance needs and preserve participation throughout the provision of care.

A second group of proposals concerns the conditions under which care is provided. Support for unpaid caregivers should connect social recognition with services and arrangements that reduce excessive workloads and preserve opportunities for self-care, education, employment, and community participation. Measures concerning paid caregivers should address informality, discrimination, professional recognition, access to social protection, and occupational risks. The redistribution of responsibilities should be assessed in terms of whether it reduces inequalities affecting women and other groups disproportionately engaged in care work. This approach recognizes that the needs of caregivers and care recipients are interconnected and that sustained protection requires attention to the everyday circumstances of both.

Finally, implementation should connect clearly assigned responsibilities with adequate funding, coordination among governmental levels, and measurable targets. Planning should make priorities transparent and support the progressive expansion of accessible services, with particular attention to territorial and socioeconomic inequalities. Monitoring should consider participation in care decisions, continuity of assistance, caregiver workloads, and access to labour and social protection. Older persons and caregivers should contribute to the selection of priorities, evaluation of services, and adjustment of policy measures. The contribution of the National Care Policy to aging and longevity with dignity should therefore be assessed through its capacity to create lasting conditions in which receiving assistance remains compatible with autonomy and providing care is accompanied by protection, recognition, and shared responsibility.

5. REFERENCES:

Araujo, A. B. (2022).I am not a maid, I am a care worker: Boundary work around a new occupation. *Civitas: Revista de Ciências Sociais*, 22, Article e40548. https://doi.org/10.15448/1984-7289.2022.1.40548.

Bittencourt, L. A. S., & Brasil, D. R. (2022). Decent labour: From Philadelphia to tripartite Declaration - A commitment to international human rights law. In S. H. D. F. Naspolini, V. O. da Silveira, & A. P. M. Amaral (Eds.), *International human rights law*, (pp. 124-140). CONPEDI. https://site.conpedi.org.br/publicacoes/465g8u3r/2v5l4w2k/E2E54sTEfTD7KCG6.pdf

Brazil. (2024).[Law No. 15,069 of December 23, 2024: Establishes the National Care Policy. *Official Gazette of the Union*, Section 1, December 24, 2024, p. 2. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l15069.htm.

© 2026 ISARC Academy

Debert, G. G., & Oliveira, A. M. de. (2015). Professionalization of elderly care in Brazil. *Brazilian Journal of Political Science*, (18), 7-41. https://doi.org/10.1590/0103-335220151801

Minayo, M. C. de S. (2021). Caring for those who care for dependent older adults: For a necessary and urgent policy. *Science & Collective Health, 26*(1), 7-15. https://doi.org/10.1590/1413-81232020261.30872020

Pautassi, L. (2016). From the "boom" in care to the exercise of rights. Sur - International *Journal on Human Rights*, 13(24), 35-42. https://sur.conectas.org/en/boom-care-exercise-rights/

Guimarães, N. A., & Wajnman, S. (2025). Care and inequalities in Brazil: A regressive path? *Social Time*, 37(3), Article e2025.238435. https://doi.org/10.11606/0103-2070.ts.2025.238435.

Hirata, H. (2016). Care work. *Sur - International Journal on Human Rights*, 13(24), 53-63. https://sur.conectas.org/en/care-work/

Huenchuan, S. (2014). "What more can I expect at my age?" Care, older persons' rights, and state obligations. In S. Huenchuan & R. I. Rodríguez (Eds.), *Autonomy and dignity in old age: Theory and practice in policies on the rights of older persons* (pp. 153-168). Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).

https://www.cepal.org/es/publicaciones/39570-que-mas-puedo-esperar-mi-edad-cuidado-derechos-personas-mayores-obligaciones

Machado, A. J. O., & Brasil, D. R. (2022). The importance of gerontological education as a discipline in higher education programs for implementing public policies for the social inclusion of older persons. In F. V. Costa, I. D. da Motta, & S. H. Z. Freitas (Eds.), *Legal education and freedom to teach in a democratic state governed by the rule of law* (pp. 212-232). Fi Publishing House. https://drive.google.com/file/d/1N152sW9v_uVViSzdub-NZ-jTWyrm3GAh/view

Paranhos, D. G. A. M., & Albuquerque, A. (2018). Autonomy of the elderly patient in the context of medical health care and its relational aspect. *Journal of Health Law*, 19(1), 32-49. https://doi.org/10.11606/issn.2316-9044.v19i1p32-49

Sherwin, S., & Winsby, M. (2011). A relational perspective on autonomy for older adults residing in nursing homes. *Health Expectations*, 14(2), 182-190. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5060573/

© 2026 ISARC Academy

KANGURU ANNE BAKIMI UYGULAMASINI TAKİBEN YENİDOĞAN MORBİDİTESİ, MORTALİTESİ VE ANNE SAĞLIĞI SONUÇLARININ KLİNİK DEĞERLENDİRMESİ

Junaid Uthman Abayomi

Osun State University, Faculty of Arts and Humanities

ORCID ID: 0009-0009-2030-3686

Kouyate Ibrahim Junior

Far Eastern Federal University - School of medicine

ORCID ID: 0009-0004-9708-2870

Safiya Samaila Kogo

St. Petersburg State Pediatric Medical University, Department of Nursing

ORCID ID: 0009-0003-6809-7208

Itua Uyiosenobua Busayo

College of Environmental Resources Management, Ogun State

ORCID ID: 0009-0000-6007-3891

ÖZET:

Kanguru Anne Bakımı (KAB), son derece düşük doğum ağırlıklı ve prematüre bebeklerde tüm sağlık parametreleri üzerinde olumlu etkiler göstermiştir. KAB süresinin uzaması, daha iyi sağlık sonuçlarıyla pozitif yönde ilişkilidir ve düşük ağırlıktaki bebeklerin erken taburcu edilerek evde KAB uygulamasına devam etmelerine olanak sağlamaktadır. Bu çalışma, Ogun Eyaleti'nin Ijebu North East Yerel Yönetim Bölgesinde Kanguru Anne Bakımının çocuk ve anne sağlığı üzerindeki etkisini değerlendirmiştir.

Araştırmada kesitsel tarama deseni kullanılmış ve nicel ile nitel verilerin birlikte toplandığı karma yöntem yaklaşımı benimsenmiştir. Çalışmanın evrenini, Ijebu North East Yerel Yönetim Bölgesine bağlı birinci basamak sağlık merkezlerinde görev yapan tüm sağlık çalışanları oluşturmuştur. Bölgedeki on (10) birinci basamak sağlık merkezi araştırmaya dahil edilmiştir.

Araştırma için toplam 100 katılımcıdan oluşan bir örneklem belirlenmiştir. Bu örneklem, seçilen sağlık merkezlerinden 50 emziren anne ve 50 sağlık çalışanından oluşmuştur. Veri toplama aracı olarak araştırmacı tarafından geliştirilen bir anket kullanılmıştır. Kişisel verilerin analizinde yüzde ve frekans tablolarından yararlanılmıştır. Araştırma sorularının analizinde ortalama ve standart sapma tabloları kullanılmış; oluşturulan sıfır hipotezleri ise 0,05 anlamlılık düzeyinde çoklu regresyon analizi ile test edilmiştir.

Araştırma bulguları, Ijebu North East Yerel Yönetim Bölgesindeki birinci basamak sağlık merkezlerinde görev yapan sağlık çalışanlarının kurumlarında Kanguru Anne Bakımı uygulamaları ile anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermiştir ($\beta = .375$, $t = 1.744$, $p < 0.05$). Ayrıca sağlık çalışanlarının Kanguru Anne Bakımına yönelik algıları ile anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($\beta = .628$, $t = 2.826$, $p < 0.05$). Bunun yanında, Kanguru Anne Bakımının prematüre bebeklerde anne-bebek bağlanması üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir ($\beta = .471$, $t = 3.734$, $p < 0.05$).

© 2026 ISARC Academy

Çalışma sonucunda, ankete katılan sağlık çalışanlarının yarıdan fazlasının Kanguru Anne Bakımı uyguladığı belirlenmiştir. Sağlık kuruluşlarında KAB'ın uygulanmamasının başlıca nedenleri arasında yazılı bir politikanın bulunmaması ve annelerin kalabileceği uygun bir alanın olmaması yer almaktadır.

Bu nedenle, küçük doğum ağırlıklı bebeklerin yararına ve yenidoğan ölümlerini azaltmak amacıyla, tüm sağlık kuruluşlarında doğum sonrası annelere yönelik Kanguru Anne Bakımı konusunda savunuculuk faaliyetlerinin, eğitimlerin ve hizmet içi eğitim programlarının artırılması ve yaygınlaştırılması önerilmektedir. Ayrıca, KAB farkındalığını, kabul edilebilirliğini ve kullanımını artırmak için yalnızca annelere değil, genel halka da basılı ve elektronik medya aracılığıyla yeterli bilgilendirme yapılması gerektiği vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kanguru Anne Bakımı, Çocuk ölümleri, Anne sağlığı, Sağlık çalışanları, Anne-bebek bağlanması, Prematüre bebekler.

CLINICAL EVALUATION OF NEONATAL MORBIDITY, MORTALITY, AND MATERNAL HEALTH OUTCOMES FOLLOWING KANGAROO MOTHER CARE IMPLEMENTATION

ABSTRACT

Kangaroo Mother Care (KMC) has been shown to impact positively on all parameters of extremely low birth weight and premature babies, and the duration of KMC is positively associated with better outcomes, enabling early discharge at low weights for continuation of home-based KMC. This study assessed the impact of Kangaroo Mother Care on child and maternal health in Ijebu North East Local Government Area, Ogun State, Nigeria.

The study adopted a cross-sectional survey design with a mixed-methods approach, combining quantitative and qualitative data, across ten primary health care centers in the study area. A sample of 100 respondents, comprising 50 nursing mothers and 50 health workers, was selected. A researcher-designed questionnaire was used for data collection. Personal data were analyzed using percentages and frequency tables; research questions were analyzed using mean and standard deviation; and null hypotheses were tested using multiple regression analysis at the 0.05 significance level.

Findings revealed a significant association between the proportion of health workers practicing KMC and KMC practice in their institutions ($\beta = .375$, $t = 1.744$, $p < 0.05$); a significant association between health workers' perception of KMC and its practice ($\beta = .628$, $t = 2.826$, $p < 0.05$); and a significant effect of KMC on child and maternal attachment in preterm infants ($\beta = .471$, $t = 3.734$, $p < 0.05$). More than half of the health workers surveyed practiced KMC. The common reasons for not implementing KMC were the absence of a written policy and lack of an adequate space for mothers.

It is recommended that advocacy, education and in-service training on KMC for postnatal mothers be intensified across all levels of health facilities to benefit small babies and reduce neonatal mortality, and that adequate information on KMC be disseminated through print and electronic media to mothers and the general public to improve awareness, acceptability and uptake.

Keywords: Kangaroo mother care, Child mortality, Maternal health, Healthcare workers, Maternal attachment, Preterm infants

1. INTRODUCTION

Kangaroo Mother Care (KMC) is the early, prolonged and continuous skin-to-skin contact between a mother (or substitute) and her low-birth-weight infant, both in hospital and after early discharge, until at least the 40th week of postnatal gestational age (Ajayi, 2018). The method was developed in the early 1970s in response to shortages of incubators, overcrowding, and the adverse effects of mother-newborn

© 2026 ISARC Academy

separation in units caring for low-birth-weight infants (Boundy et al., 2016). The World Health Organization defines four components of KMC: early continuous and prolonged skin-to-skin contact, exclusive breastfeeding, early discharge from the health facility, and close follow-up at home (Cattaneo, Davanzo & Uxa, 2018).

A systematic review by Lawn et al. (2020) found that KMC substantially reduces neonatal mortality among preterm babies (birth weight <2000g) and is highly effective in reducing severe morbidity, while also providing effective thermal control and encouraging exclusive breastfeeding. KMC has been proven to significantly improve growth and reduce mortality and morbidity, particularly from hypothermia, hypoglycemia and nosocomial sepsis in neonates with birth weight <2000g (Sharma et al., 2019), with one meta-analysis reporting a 51% reduction in mortality in this group (Lawn et al., 2020).

The impact of KMC is expected to be greatest in Africa, where many low-income countries face limited options for preterm care, with few neonatal units that are often distant, understaffed and ill-equipped. In Nigeria, KMC was introduced in the late 1990s and was declared best practice in 1998 by the Pediatrics Association of Nigeria. It was estimated that universal KMC implementation would save over 19,000 lives in Nigeria by 2015 (Akinyemi, Bamgboye & Ayeni, 2015). Despite more than two decades of training programs by government and non-governmental organizations, KMC implementation has remained largely confined to teaching and tertiary hospitals, with little expansion to primary health centers (Victora et al., 2020). Limited documented evidence exists on KMC uptake and its challenges among health workers and mothers at the primary care level in Nigeria.

This study therefore assessed the impact of Kangaroo Mother Care on child and maternal health in Ijebu North East Local Government Area, Ogun State, Nigeria, with the following specific objectives: (i) to determine the proportion of health workers at primary health care centers who practice KMC; (ii) to evaluate health workers' perception of KMC; (iii) to examine the implementation of KMC by mothers; (iv) to identify challenges affecting KMC practice; and (v) to determine the effect of KMC on child and maternal attachment in preterm infants.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Research Design and Area

The study adopted a cross-sectional survey design with a mixed-methods approach, combining quantitative and qualitative data, to assess the impact of KMC on child and maternal health. The study was conducted in Ijebu North East Local Government Area of Ogun State, Nigeria, a rainforest-zone area with its headquarters in Atan, located approximately 20 km from Ijebu-Ode.

2.2 Population, Sample and Sampling Technique

The study population comprised all health workers in primary health care centers under Ijebu North East Local Government Area. Ten primary health care centers in the area were purposively selected, yielding a sample of 100 respondents made up of 50 nursing mothers and 50 health workers. Respondents were selected using simple random sampling.

2.3 Research Instrument

Data were collected using a researcher-designed, structured questionnaire in two sections: Section A elicited respondents' personal characteristics, while Section B addressed the study objectives using a four-point Likert scale (Strongly Agree, Agree, Disagree, Strongly Disagree). The instrument was subjected to face and content validation by two research experts from the Department of Community Health and the project supervisor. Reliability was established using the test-re-test method with a two-week interval, yielding a Cronbach's alpha coefficient of 0.73.

© 2026 ISARC Academy

2.4 Data Collection and Analysis

The researcher and two research assistants administered the questionnaires directly to respondents at the selected health centers, with the purpose of the study explained and anonymity assured. Data were analyzed using frequency counts and percentages for personal data, and mean and standard deviation for research questions (minimum agreement benchmark of 2.50). Hypotheses were tested using multiple regression analysis at the 0.05 level of significance.

2.5 Ethical Consideration

Ethical approval was obtained from the Department of Community Health, Ogun State Polytechnic of Health and Allied Sciences, Ilese-Ijebu. Informed consent was obtained from all respondents, who were assured of voluntary participation and the right to withdraw at any stage without consequence.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Demographic Characteristics of Respondents

Of the 100 respondents, 56% were male and 44% female. The majority (72%) were married, while 24% were single and 4% divorced. Most respondents (42%) were aged 41–50 years, followed by 26% aged 51 years and above. By professional category, 40% were Senior Community Health Extension Workers (SCHEW), 32% Junior Community Health Extension Workers (JCHEW), 18% midwives and 10% nurses. Most respondents (52%) had 6–10 years of service.

Variable	**Category**	**Percentage (%)**
Sex	Male	56.0
	Female	44.0
Marital Status	Single	24.0
	Married	72.0
	Divorced	4.0
Age	21–30 years	12.0
	31–40 years	20.0
	41–50 years	42.0
	51 years & above	26.0
Professional Category	JCHEW	32.0
	SCHEW	40.0
	Midwife	18.0
	Nurse	10.0

3.2 Knowledge and Perception of KMC

Most health workers (74%) had undergone training on KMC, although only 60% had received any refresher course. A majority (56%) rated their knowledge of KMC as very adequate, and 40% rated their competence in implementing KMC as very good. Regarding perception, 52% of health workers considered KMC practice in their health centers to be effective and 26% rated it very effective, while 64% believed KMC had been significantly effective in their facilities.

© 2026 ISARC Academy

3.3 Implementation of KMC by Mothers

Among mothers, 54% reported using KMC very often and 20% often, while 22% used it rarely and 4% not at all. Level of implementation was rated fair by 40% of respondents, good by 22%, very good by 20% and excellent by 18%, indicating room for improvement in consistency of practice.

3.4 Challenges Affecting KMC Practice

Mean responses on challenges affecting KMC practice yielded an overall average mean of 3.39 (SD = 0.61), above the 2.50 benchmark for agreement, confirming that meaningful challenges exist. The most prominent challenges were inability to pay for services after discharge (mean = 3.73), limited opportunity to practice KMC optimally (mean = 3.54), and inadequate human resources such as nurses and doctors (mean = 3.54). Other challenges included inadequate information on when to commence KMC (mean = 3.49), overcrowding in mothers' rooms (mean = 3.36), unaccommodating responses from nurses when mothers sought assistance (mean = 3.33), and gossip, ridicule and misconceptions from family and friends discouraging continued practice (means = 3.25–3.28).

3.5 Effect of KMC on Child and Maternal Attachment

Respondents agreed that KMC has a positive effect on maternal-infant attachment in preterm infants, with an overall mean of 3.26 (SD = 0.51). The strongest agreement was that KMC increases maternal sensitivity and responsiveness to the child's needs (mean = 3.52), followed by the view that KMC promotes physical closeness and skin-to-skin contact, enhancing emotional bonding (mean = 3.21).

3.6 Test of Hypotheses

Three null hypotheses were tested using multiple regression analysis at the 0.05 significance level.

Hypothesis	**B**	**t**	**p**	**Decision**
H1: Proportion of health workers practicing KMC and institutional KMC practice	.375	1.744	<0.05	Rejected
H2: Health workers' perception and KMC practice	.628	2.826	<0.05	Rejected
H3: Effect of KMC on child and maternal attachment	.471	3.734	<0.05	Rejected

All three null hypotheses were rejected, confirming significant associations between health worker proportion, perception, and the practice and impact of KMC in the study area.

3.7 Discussion

The findings indicate that health workers in Ijebu North East Local Government Area have generally good knowledge of and positive attitudes toward KMC, with the majority having received training and rating their competence favorably. This aligns with Olubukola et al. (2021), who reported good knowledge and positive attitudes toward KMC among mothers at a tertiary facility in Lagos, and contrasts with studies reporting poor KMC knowledge among postnatal mothers in Ghana and parts of India (Parthasarathy, 2019; Nguah et al., 2021), a disparity likely attributable to differing levels of awareness-creation across study settings.

More than half of mothers in this study practiced KMC very often, a more encouraging figure than the 57% and 54% practice rates reported in northern Nigeria and eastern Ethiopia respectively (Mfuh et al.,

© 2026 ISARC Academy

2019; Roba et al., 2017), suggesting that, despite gaps, uptake in this study area compares favorably to other low-resource settings.

The most pressing barriers identified — affordability of services after discharge, inadequate staffing, and limited information on when to initiate KMC — mirror challenges reported among parents of preterm infants in Edo State, Nigeria, where ridicule from peers, inadequate resources and poor staff attitudes were similarly cited as deterrents to sustained KMC practice (Esewe & Phetlhu, 2022). Social misconceptions and gossip directed at mothers practicing KMC reflect a broader pattern in which communities resist practices they do not fully understand, a dynamic also reported in other cultural contexts (Hishamshah et al., 2020). This underscores the importance of community-level health education that extends beyond the health facility to families and the wider public.

The significant association between health worker perception and KMC practice, together with the significant effect of KMC on maternal-infant attachment, reinforces existing evidence that KMC strengthens the physiological and psychological bond between mother and infant while improving outcomes for preterm babies, particularly in resource-limited settings where incubator access is constrained (Ludington-Hoe et al., 2016). Taken together, these findings suggest that strengthening health worker training, addressing resource gaps, and improving information dissemination could meaningfully increase consistent KMC practice in this and similar primary care settings.

4. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

This study has established that more than half of health workers surveyed practice Kangaroo Mother Care, with significant associations found between KMC practice and both the proportion of trained health workers and their perception of the practice, as well as a significant effect of KMC on child and maternal attachment in preterm infants. The principal barriers to consistent KMC practice in primary health centers in Ijebu North East Local Government Area were the absence of a written facility policy, lack of an adequate space for mothers to stay, inadequate human and material resources, and insufficient information dissemination to mothers and the wider public.

Based on these findings, it is recommended that: (i) advocacy, education and training on KMC for postnatal mothers be intensified at all levels of health facilities to reduce neonatal mortality; (ii) information on KMC be disseminated more widely through print and electronic media to both mothers and the general public to improve awareness, acceptability and uptake; (iii) the number of health facilities practicing KMC be increased, noting that KMC requires no special equipment; (iv) adequate material and human resources be prioritised in primary health centres; and (v) health workers in private health facilities be included in KMC-related training and workshops, given the substantial number of preterm deliveries occurring outside public tertiary institutions.

REFERENCES

Ajayi, A. O. (2018). Improving neonatal care in Nigeria using appropriate technology. Guest lecture at the 29th Annual General and Scientific Conference of the Paediatric Association of Nigeria, Ilorin, Kwara State, February 2018.

Akinyemi, J.O., Bamgboye, E.A. & Ayeni, O. (2015). Trends in neonatal mortality in Nigeria and effects of bio-demographic and maternal characteristics. BMC Pediatrics, 15(1), 36-48.

Boundy, E.O., Dastjerdi, R., Spiegelman, D., Fawzi, W.W., Missmer, S.A., & Lieberman, E. (2016). Kangaroo mother care and neonatal outcomes: a meta-analysis. Pediatrics, 137(1), 2015-2238.

Cattaneo, A., Davanzo, R., & Uxa, F. (2018). Recommendations for the implementation of kangaroo mother care for low birth weight infants. Acta Paediatrica, 87(7), 440-450.

© 2026 ISARC Academy

Esewe, R.E. & Phetlhu, R.D. (2022). Challenges of uptake of kangaroo mother care by parents of preterm and low birth weight infants in Edo State, Nigeria. African Journal of Reproductive Health, 26(2), 68-79.

Hishamshah, M., Bin, M., Ramzan, A., Rashid, W., Wan, M.R., & Haroon, N.B. (2020). Belief and practices of traditional post-partum care among a rural community in Penang, Malaysia. The Internet Journal of Third World Medicine, 9(2), 1-9.

Lawn, J.E., Mwansa-Kambafwile, J., Horta, B.L., Barros, F.C., & Cousens, S. (2020). Kangaroo mother care to prevent neonatal deaths due to preterm birth complications. International Journal of Epidemiology, 39(Suppl 1), i144-i154.

Ludington-Hoe, S., Lewis, T., Morgan, K., Cong, X., Anderson, L., & Reese, S. (2016). Breast and infant temperatures with twins during shared kangaroo care. Journal of Obstetric, Gynecologic & Neonatal Nursing, 35(2), 223-231.

Mfuh, A.Y., Lukong, C.S., & Adamu, H. (2019). Knowledge and practice of kangaroo mother care among post-natal mothers in a tertiary hospital in north western Nigeria. International Journal of Medical and Health Research, 5(1), 224-228.

Nguah, S.B., Wobil, P.N., Obeng, R., Yakubu, A., Kerber, K.J., & Lawn, J.E. (2021). Perception and practice of kangaroo mother care after discharge from hospital in Kumasi, Ghana: a longitudinal study. BMC Pregnancy and Childbirth, 11, 99.

Olubukola, O., Ezenwa, B.N., Fajolu, I.B., Onwuama, M., & Ezeaka, C.V. (2021). Knowledge, attitude and practice of kangaroo mother care among mothers in the neonatal wards of a tertiary care center. Pan African Medical Journal, 38, 364.

Parthasarathy, K. (2019). Knowledge on kangaroo mother care among postnatal mothers. Journal of Science Nursing, 2(1), 6-7.

Roba, A.A., Binoy, S., & Naganuri, M.A. (2017). Knowledge, attitude and practice of kangaroo mother care by postnatal mothers who gave birth to preterm and low birth weight babies in public hospitals, eastern Ethiopia. Journal of Neonatal Biology, 6(2), 264.

Sharma, D., Farahbakhsh, N., Sharma, S., Sharma, P., & Sharma, A. (2019). Role of kangaroo mother care in growth and breastfeeding rates in very low birth weight (VLBW) neonates: a systematic review. Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine, 32(2), 129-142.

Victora, C.G., Rubens, C.E., & GAPPS Review Group. (2020). Global report on preterm birth and stillbirth (4 of 7): delivery of interventions. BMC Pregnancy and Childbirth, 10(Suppl 1), S4.

© 2026 ISARC Academy

CHİNELO OKPARANTA'NIN HARRY SYLVESTER BIRD VE GEORGE ORWELL'İN HAYVAN ÇİFTLİĞİ ESERLERİNDEKİ SATİRİK KEŞFİN KARŞILAŞTIRMALI BİR OKUMASI

Akano Blessing Anuoluwapo

Osun State University, Faculty of Management and Social Sciences

ORCID ID: 0009-0005-0490-8774

Junaid Uthman Abayomi

Osun State University, Faculty of Arts and Humanities

ORCID ID: 0009-0009-2030-3686

Alonge-Niyi Oreoluwa

Osun State University, Ikire Campus, Faculty of Arts and Humanities

ORCID ID: 0009-0000-6475-6980

Ige Emmanuel Jesutofunmi

Osun State University, Faculty of Arts and Humanities

ORCID ID: 0009-0008-4501-3856

ÖZET

Bu çalışma, George Orwell'in klasik kısa romanı Hayvan Çiftliği ile Chinelo Okparanta'nın Harry Sylvester Bird adlı eserindeki satirik incelemenin karşılaştırmalı bir analizini üstlenmektedir. Bu iki edebi eseri inceleyerek, bu araştırma; yazarların toplumsal normları, güç yapılarını ve insan doğasını eleştirmek için güçlü bir araç olarak satiri özgün kullanımlarını ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır.

Edebiyat teorisine ve eleştirel analize dayanan çalışma, her iki eserde yer alan satirik unsurları incelemektedir. Araştırma, Orwell'in hayvanların insan zalimlerini devirdiği, ancak yeni bir tirani biçiminin ortaya çıkışına tanık olduğu bir çiftliğin alegorik tasvirini ve Okparanta'nın siyasi güç ile kimliğin karmaşıklıkları üzerine eşsiz bir bakış açısı sunan kurgusal Afrika ulusunu ele almaktadır.

Karşılaştırmalı bir bakış açısıyla bu çalışma, her iki yazarın egemen ideolojilere meydan okumak ve insan toplumlarının doğasındaki kusurları açığa çıkarmak için satiri nasıl kullandığını ortaya koymaktadır. Orwell'in Hayvan Çiftliği totalitarizme ve gücün yozlaştırıcı doğasına keskin bir eleştiri sunarken, Okparanta'nın Harry Sylvester Bird adlı eseri ırkçılığın mizahi ama eleştirel bir incelemesini sunmaktadır.

Bu çalışma aynı zamanda Orwell ve Okparanta'nın satirik tasvirlerinde kullandıkları anlatım tekniklerini analiz etmektedir. Alegori ve satirin, bu yazarların sürükleyici ve anlaşılır anlatımları korurken keskin toplumsal eleştiriler sunmalarına nasıl olanak tanıdığını araştırmaktadır.

Orwell ve Okparanta'nın satiri kullanma biçimlerindeki farklılıkları aydınlatarak bu çalışma, toplumsal eleştiri için edebi bir araç olarak satirin gücünün daha derinlemesine anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Çalışma, bu eserlerin okuyucuları kendi toplumları ve güç dinamikleri üzerine eleştirel bir şekilde düşünmeye nasıl yönlendirdiğini, onları baskı ve manipülasyona karşı uyanık olmaya çağırdığını vurgulamaktadır. Bu karşılaştırmalı analiz; edebiyatta satirin potansiyel etkisi konusunda

© 2026 ISARC Academy

yenilenen bir takdiri teşvik etmeyi amaçlamakta ve okuyucuları, Hayvan Çiftliği ile Harry Sylvester Bird eserlerinde sunulduğu gibi satirin merceğinden insan doğasının karmaşıklıklarıyla aktif olarak ilgilenmeye davet etmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Satir, Karşılaştırmalı Analiz, Hayvan Çiftliği, Harry Sylvester Bird, Toplumsal Eleştiri

A COMPARATIVE READING OF SATIRICAL EXPLORATION IN CHINELO OKPARANTA'S *HARRY SYLVESTER BIRD* AND GEORGE ORWELL'S *ANIMAL FARM*

ABSTRACT

This study undertakes a comparative analysis of the satirical exploration present in George Orwell's classic novella *Animal Farm* and Chinelo Okparanta's *Harry Sylvester Bird*. By examining these two literary works, this research aims to uncover the authors' distinctive use of satire as a powerful tool to critique societal norms, power structures, and the human condition.

Drawing upon literary theory and critical analysis, the study explores the satirical elements present in both works. It delves into Orwell's allegorical depiction of a farm where animals overthrow their human oppressors, only to witness a new form of tyranny emerge, and Okparanta's fictional African nation, offering a unique perspective on the complexities of political power and identity.

Through a comparative lens, this research uncovers how both authors employ satire to challenge prevailing ideologies and expose the flaws inherent in human societies. Orwell's*Animal Farm* serves as a caustic critique of totalitarianism and the corrupting nature of power, while Okparanta's *Harry Sylvester Bird* presents a humorous yet critical exploration of racism.

This study analyzes the narrative techniques utilized by Orwell and Okparanta in their satirical portrayals. It investigates how allegory and satire enable these authors to present incisive social commentary while maintaining engaging and accessible narratives.

By elucidating the distinct ways in which Orwell and Okparanta employ satire, this study contributes to a deeper understanding of the power of satire as a literary device for social critique. It emphasizes how these works challenge readers to reflect critically on their own societies and the dynamics of power, urging them to be vigilant against oppression and manipulation. This comparative analysis aims to foster a renewed appreciation for the potential impact of satire in literature and encourages readers to engage actively with the complexities of the human condition through the lens of satire as presented in *Animal Farm* and *Harry Sylvester Bird*.

KEYWORDS: Satire, Comparative Analysis, Animal Farm, Harry Sylvester Bird, Social Critique

INTRODUCTION

Literature seeks to discuss, expose and propose solution to the daily problems of society, be it social, economic, moral, political, or otherwise. This inspires literary artists to use language and the power of words to communicate messages to their reader. Satire provides those artists one such medium for language use. Many authors used satire and irony to criticize or condemn powerful leaders and political system without incurring the wrath and potentially fatal consequences associated with criticizing those in power. Authors like Shakespeare, Chaucer and Jonathan Swift used irony and satire to poke fun at rulers and regimes.

Satire according to the *Dictionary of Literary Terms* (1977) is a literary work intended to arouse ridicule, contempt and follies of man and his institutions. It is also aimed at correcting malpractice by inspiring both indignation and laughter with a mixture of criticism and wit. The concept of satire is invented from the act of mockery or ridicule, to correct the ills of the society.

© 2026 ISARC Academy

Also, satire is a creative genre in which the criticism of certain cultural or other activities is manifested by a strong use of irony and sarcasm. This type of criticism can be humorous, although entertainment and humor are not necessarily the main goals;humor is often used to compensate the harshness of the criticism itself. Satire works effectively in a society that is aware of the acceptable standards of morality and manner. To achieve this goal, the satirist must take certain values against which one can depict a sudden drop in the standard of behavior or aberration.

Apart from the Greeks and Romans, Africans and Americans also used their writings to criticize the actions of men and their shortcomings in their respective societies. African playwrights like Wole Soyinka, Femi Osofisan, Frank Ogbeche and American writers like Christopher Moore, Joseph Heller, George Orwell etc. have made use of satire as an artistic mode of expressing the social and political problems in the societies. Corruption, moral decadence and political exploitation have become part of the societies; these writers viewed society as a chaotic one, where dreams and aspirations of people remain unrealized.

In addition, Wilfred L. Guerin, in his textbook, "*A Handbook of Critical Approaches to Literature*" (1966) explained the three major types of satire; Horatian, Juvenalian and Menippean. The Horatian satire was named after the Roman satirist Horace. It seeks to criticize rather than attack vices and follies. The Horatian satirical tone is less harsh, gentle, smiling and sympathetic. It makes use of mild mockery and playful wit. A famous example of Horatian satire is the eighteenth-century poet Alexander Pope's poem *The Rape of the Lock*, which despite its serious-sounding name, was an attempt to bring back together two real-life feuding families by humorously exaggerating the severity of the cause of their rift.

The Juvenalian satire was named after the roman satirist, Juvenal. It is harsher and bitterly contemptuous of corruption than the Horatian satire. It seeks to attack and address the follies and vices in the society through the use of scorn and ridicule. *Animal farm* by George Orwell falls under this category. The Menippean satire was named after the cynic Menippus. It is the oldest, chaotic, complex and formless type of satire. It tends to criticize its subject matter and the structure of the world. It views human vices and follies as a social disease. The best-known example of this form is Lewis Carroll's *Alice's Adventures in Wonderland* (1865).

The main focus of this research work is to examine the texts,*Animal Farm* by George Orwell and *Harry Sylvester Bird* by Chinelo Okparanta to see the effectiveness of satire as a tool for reforming the society through the plot, theme and characterization.

RESEARCH AND FINDINGS

Historical Context of *Animal Farm*

Animal Farm is a critique of the communist system adopted by the Soviet Union, under the stewardship of Joseph Stalin. Two revolutionaries Leon Trotsky and Joseph Stalin overthrew the Russian Czars and converted the Soviet Union into a communist state. Just like in the text, Stalin (the dominant political figure – Napoleon) expels Trotsky (Snowball) from the state and establishes a dictatorship form of government. He abandons all the principles of the revolution and adopts all the traits of their former rulers. Under his tyrannical regime, scores of deaths are reported. Communism is a system that opposes capitalism in every sense and may be considered an ideal system by many. However, as is evident in Animal Farm, most of these ideas are only used to serve a purpose and once that purpose is realized, most of the rulers revert to the systems that they initially fought against. In this case, animals/humans fight against class stratification that they associate with capitalism. Once they expel Mr. Jones/ Czars, they adopt animalism/communism, which they believe is a system that will cater to all the needs of everyone in society.

Ironically, the leaders who have bestowed the duty of safeguarding the unifying principles that led them to victory against a common oppressor are the ones abusing their power. They twist rules against the backdrop of peoples'naivety to have a strong grip on power. What initially starts out as mere propaganda to manipulate the masses is replaced by the sheer use of force to propagate fear and total submission.

© 2026 ISARC Academy

The ones who suffer the heaviest are the working class. All the burden of the economy lies on their shoulders, but they have nothing to show for their efforts. The ruling elite enjoy most of the resources with only a few scraps left for the majority of people.

This new system turns out to be worse than the previous one. While they are made to believe that they are free, the reality is that they are in bondage. Their situation is now worse because they have been brainwashed to believe that they are far better of this way than in the old system, where they were slaves.

Eventually, the social classes of the previous regime slip back to society and there is obviously no difference between the old regime and the new one. What remains is a theorized form of the new system, but a practice of the old system. The new hybrid system is, therefore, the old system disguised as the new system.

Socio-Political issues in *Animal Farm*

Before he died shortly Old Major set up the constitution by which he thought that all animals would be able to regulate their lives accordingly:

"Whatever goes upon two legs is an enemy. Whatever goes
upon four legs, or has wings is a friend. And remember also
that in fighting against Man, we must not come to resemble
him. Even when you have conquered him, do not adopt his
vices. No animal must ever live in a house or sleep in a bed or
wear clothes or drink alcohol or smoke tobacco or touch
money or engage in trade. All the habits of man are evil. And,
above all, no animal must ever tyrannize over his own kind.
Weak or strong, clever or simple, we are all brothers. No
animal must ever kill any other animal. All animals are
equal."(Old Major, p.42)

These are the words of Old Major, a system of thought that is adopted by the animals and is coined ―Animalism. In this system of thought, the animals are to be totally different from man, whom they consider their oppressor. This anti-human rhetoric is thus condensed into seven commandments that the animals have to adhere to after they successfully chase away Mr. Jones from the farm. Accompanying the seven commandments is the song the Beasts of England, which acts as a national anthem for the animals in their newly acquired freedom.

Everything goes as planned initially. However, the pigs take advantage of their leadership role and bend all the rules to suit their extravagant living. The first rule to be broken is that, "*All animals are equal, but some animals are more equal than others*". It becomes apparent that the two pigs, Snowball and Napoleon (together with other pigs and dogs) enjoy special treatment at the expense of others. When other animals are toiling hard from morning till evening in the farms, the pigs assume supervisory roles dishing out orders for them to work harder. Strong animals like Boxer do most of the work, sometimes waking up earlier than usual to ensure work is completed on time. The weak ones like ducks and hens also do as much as their feeble bodies could allow them to.

As the other animals allow the pigs to call the shots and do the thinking, as they waste away on hard labor, a social class develops with the pigs becoming the ruling elite and the other animals becoming their slaves or subjects. With this unwarranted power, the pigs can do whatever they wish. They set aside the harness room for their own convenience, where they learn important trades, such as blacksmithing and carpentry, as the other animals are taught only basic reading and writing. It is also

© 2026 ISARC Academy

discovered that milk, which is always disappearing mysteriously is mixed with the pigs‘mash, while all the apples are forcefully taken away from the animals for the pigs’ consumption.

The second commandment to be broken is, “*No animal shall kill any other animal*”. There is a battle for supremacy between Snowball and Napoleon evidenced by the constant arguments, disagreements and debates between them. The animosity between the two stems from ideological differences. While Snowball is an innovative and visionary leader always looking for ways to better the lives of all animals, Napoleon is pro-status quo. He supports the old order and is afraid of change. Napoleon feels that the idea of a windmill, though very noble, will make Snowball a more popular leader and decides to attack him using nine dogs that he has been secretly breeding.

Corruption of power in *Animal Farm*

In George Orwell's *Animal Farm*, corruption is a prevalent theme that serves as a critique of totalitarianism and power dynamics. The novel depicts the gradual corruption and abuse of power by the pigs, who initially lead the animal revolution with the promise of equality. Throughout the story, Orwell vividly portrays the various forms of corruption that plague the animal community, highlighting the dangers of unchecked power and the inevitable decay of ideals.

In the early stages of the novel, the animals' rebellion against Mr. Jones represents their collective desire for freedom and equality. Led by the pigs, particularly Snowball and Napoleon, the animals establish the Seven Commandments as the guiding principles of their new society. However, even at this point, corruption begins to seep in. One of the most significant instances is when the pigs, who claim to be the most intelligent animals, take control of the milk and apples, justifying it as necessary for their "brainwork”. This unequal distribution of resources marks the beginning of the pigs' manipulation and corruption of power:

"Comrades! You do not imagine, I hope, that we pigsare doing

this in a spirit of selfishness and privilege? Many of us actually

dislike milk and apples. Milk and apples (this has been proved

by Science, comrades) contain substances absolutely necessary

to the well-being of a pig. We pigs are brainworkers. The whole

management and organization of this farm depend on us. Day

and night we are watching over your welfare. It is for your sake

that we drink that milk and eat those apples." (Chapter 3)

As time goes on, Napoleon, aided by his loyal enforcer Squealer, manipulates the Commandments and consolidates his control over the farm. The pigs gradually gain privileges and luxuries, while the other animals endure increasing hardships. Napoleon's cunning and ability to exploit the ignorance of the animals play a significant role in his corrupt ascent to power. The pigs' gradual takeover of the decision-making process and the alteration of the Commandments symbolize the erosion of the original revolutionary spirit;

"All animals are equal, but some animals

are more equal than others." (Chapter 10)

Squealer, Napoleon's propaganda machine, becomes the mouthpiece for the regime and uses various tactics to deceive and manipulate the other animals. He distorts the truth, alters history, and spreads fear among the animals to maintain control. Squealer's persuasive abilities and his constant reiteration of the regime's propaganda illustrate the power of language and manipulation in perpetuating corruption;

"Comrades! You do not imagine, I hope, that we pigs

© 2026 ISARC Academy

are doing this in a spirit of selfishness and privilege? ...

Surely none of you wishes to see Jones back?" (Chapter 8)

Animalism in *Animal Farm*

The American Professor, Malcolm Bradbury, in his introduction to Animal Farm states:

"It's one of the great modern political allegories,

that tells, of innocent and necessary revolution

turning into dictatorship and betrayal, Is not just

a striking piece of political intelligence but a

fundamental modern myth".

Animal Farm is, surely the most important work of fictional political satire and allegory, criticizing totalitarianism of any kind by a great lover, of liberty and a great lover of animals, George Orwell. The farm is genuine and the animals are betrayed by the owner of the farm. At the equivalent time it was a devastating attack on Stalin and his treachery on the Russian Revolution.

The analogous stuck between the animals' revolution and the Russian Revolution is skillfully worked out, possibly the most felicitous moment was, when the animal saboteurs are executed for some of the crimes of the Russian trials, like the sheep who confessed just before g urinated in the drinking pool, or the goose which kept back six ears of corn and ate them in the night. The fairy anecdote ends in complete victory of Napoleon and the pigs who rule Animal Farm with a shoddier tyranny and an extreme efficiency than its late human owner, Mr. Jones. The saddest ending is internal rivalry among the animals. From the beginning of the story, the dogs are against the rats, thus revelation is, an animal government in which social justice will not be acquired.

George Orwell indirectly attacks the Russian Communism, on Stalinism in this novel. As an anti-Soviet satire, the book was at the forefront of its era. The U.S.S.R. was fighting with the allied forces in World War II, and at the same time it was an attack on the U.S.S.R. and Joseph Stalin. Orwell satirizes the breakdown of political philosophy and the mishandling of power, in the ingenious form of a beast fable. Animal Farm, of course, a satire, exclusively about the Russian Revolution and of Stalin (Napoleon in the book), additionally it is about revolution, the idealism of utopias, and the way the people take power over the societies on principles of equality.

CONCLUSION

This research work has been able to show the prevalent issues in the society, how individual engages in corrupt practice in the case of *Animal Farm,* and the kind of racial demarcation between the blacks and the whites in *Harry Sylvester Bird*. The research endeavors to capture the way through which power is being use to favour one side than the other, and how the blacks are deprived of some benefits which the whites enjoy. George Orwell in his work was super keen on the issue of corruption. His text serves as a critique of the communist system adopted by the Soviet Union, under the stewardship of Joseph Stalin. Just like in the text, Stalin (the dominant political figure – Napoleon) expels Trotsky (Snowball) from the state and establishes a dictatorship form of government. *Animal Farm* stands for any human society be it capitalist, socialist, fascist, or communist. It possesses the internal structure of a nation, with a government (the pigs), a police force or army (the dogs), a working class (the other animals), and state holidays and rituals.

Chinelo Okparanta in *Harry Sylvester Bird,* identified the issue of systemic segregation and identity dilemma by using character of Harry and Maryam to enlighten readers. Harry's parents are racists and he grows up hating his parents and his race. He believes he is trapped in the wrong racial body and

© 2026 ISARC Academy

identities as a black man. The playwrights have open our eyes to the social evils of the society ditto of bad leadership, deprivation, corruption, systemic racism, marginalization of dark-skinned people and other actions through satire. Their style is simple and original with a satiric touch that is amusing, wild and corrective in a way that makes people laugh at their bad behaviour and at the same time make corrections.

REFERENCES

PRIMARY SOURCES

George Orwell, (1945), Secker and Warburg, British publishing company.

Chinelo Okparanta, (2022), Mariner Books.

SECONDARY SOURCES

Abrams H. Michael. A *Glossary of Literary Terms*. Portsmouth: Harcourt Brace Jovanovich. 1993 Print.

Applebee, "*The concept of satire*", 1997, p.584

Bates, Alfred, ed, "*Political and social satires of Aristophanes*", The Drama, its History, literature and influence on civilization, 2,Historical publishing. (1906):55-59.Print.

Becker GS. (1957) *The Economics of Discrimination*. ChicagoUniversity Press.

Bloom Edward Alan, Bloom, Lillian D (1979), satire's persuasive voice.

Brockett and Ball, "*The nature of satire*", p.56, 2007

Collins Stan. (1989) The *marginalization of black executives*. Soc. Probl.;36:317-331.

Connery, Brian A. *Theorizing satire*: A Bibliography New York ST Matins's press 1995.

Elliot Thomas. "*The nature of satire*", in: Encyclopedia Britannica, "satire"; 2004

Feagin JR. (2006) *Systemic Racism*: A Theory of Oppression. New York: Routledge.

Foster E.Michael. *Aspects of the Novel*. Middlesex: Penguin. 1981. Prints

Hawthorne, Omar E. Transparency International's corruption perceptions Index". "*Best flawed' measure on corruption? 3rd Global conference on Transparency Research.* HEC Paris: October 24th-26th. 2013.print

Kayode-Iyasere, W. *The Novel and Its Types*" in R.A. Masagbored. *The Way of Prose Fiction:Exploratory Perspectives.* Benin City: Headmark. 1997

Keel Robert. *What is social identity theory*".Wikipedia, 30thAugust 2017www.en.m.wikipedia.org/wiki/socialidentitytheory.com Robert Keel. 24 February 2017.

© 2026 ISARC Academy

İNEK GÜBRESİNİN MANYOK ATIKSUYU İLE ORTAK SİNDİRİMİNİN BİYOGAZ ÜRETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Junaid Uthman Abayomi

Osun State University, Faculty of Arts and Humanities

ORCID ID: 0009-0009-2030-3686

Kouyate Ibrahim Junior

Far Eastern Federal University - School of medicine

ORCID ID: 0009-0004-9708-2870

Safiya Samaila Kogo

St. Petersburg State Pediatric Medical University, Department of Nursing

ORCID ID: 0009-0003-6809-7208

Itua Uyiosenobua Busayo

College of Environmental Resources Management, Ogun State

ORCID ID: 0009-0000-6007-3891

Alonge-Niyi Oreoluwa

Osun State University, Ikire Campus, Faculty of Arts and Humanities

ORCID ID: 0009-0000-6475-6980

ÖZET:

Nijerya'daki artan yakıt fiyatları, kıtlık, büyüyen enerji talepleri ve çevresel kaygılar, sürdürülebilir enerji kaynaklarına duyulan ihtiyacı gözler önüne sermektedir. Anaerobik sindirim yoluyla biyogaz üretimi; bol miktarda bulunan tarımsal atıklardan ve evsel katı atıklardan yararlanarak umut vadetmektedir. Bununla birlikte, biyogaz üretim sürecinin optimize edilmesi Nijerya'da kritik bir zorluk olmaya devam etmektedir. Bu çalışma, inek gübresinin manyok atıksuyu ile ortak sindiriminin (co-digestion) biyogaz üretimi üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Çalışmanın metodolojisi, 25 litrelik bidonlar kullanılarak sabit kubbeli sindiricilerin inşasını içermiştir. İnek gübresi ve manyok atıksuyu dahil olmak üzere substratlar, sindiricilere 75:25, 50:50, 25:75 ve 100:0 oranlarında yüklenmiş; pH, sıcaklık, metan ve toplam çözünmüş katılar (TDS) gibi fiziko-kimyasal parametreler üzerindeki etkileri ile substrat oranları düzenli olarak izlenmiş ve ardından betimsel ve çıkarımsal istatistikler kullanılarak veri analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, bu parametrelerde önemli varyasyonlar olduğunu ortaya koyarak substrat kompozisyonunun etkisini vurgulamıştır.

75:25 (CD: CWW) oranı, 22 günlük süre boyunca 5,95 ile 6,56 arasında değişen en kararlı pH değerini korumaktadır. pH değerleri çoğunlukla 6'nın üzerinde kalmakta olup, bu durum genellikle metanojenik bakteriler için elverişlidir. 50:50 (CD: CWW) oranının pH değerleri 4,24 ile 5,52 arasında değişmekte olup, 75:25 oranına kıyasla daha asidik koşullara işaret etmektedir. pH nispeten kararlı kalmakla birlikte zamanla bazı dalgalanmalar göstermektedir. 25:75 ve 50:50 oranları optimum metan üretimi için çok asidik olabilirken, 0:100 oranı biraz fazla alkali olabilir. Tüm sindiriciler, sıcaklık dalgalanmaları

© 2026 ISARC Academy

açısından benzer bir genel örüntü göstermektedir. Tüm oranlar için yaklaşık 9. DAL'de (yükleme sonrası gün) belirgin bir sıcaklık düşüşü, ardından 11. DAL'de bir artış görülmektedir. 75:25 oranı ortalama olarak biraz daha yüksek sıcaklıkları korumakta olup, bu durum mezofilik metan üreten bakteriler için faydalı olabilir. 75:25 (CD: CWW) oranı, zamanla metan üretiminde genellikle artan bir eğilim göstermektedir. Düşük başlamakta (2. DAL'de 0,06) ve 17. DAL'de 5,06 ile zirve yapmaktadır. Üretim değişkendir ancak ilerleyen aşamalarda daha yüksek seviyeleri korumaktadır. Sürdürülebilir metan üretimi için iyi bir potansiyel göstermektedir. Daha yüksek oranlarda manyok atıksuyu (25:75 ve 50:50 oranları), muhtemelen manyok atığındaki daha kolay çözünebilir organik madde nedeniyle, daha yüksek ve daha kararlı TDS seviyeleri ile sonuçlanmaktadır. Tüm oranlardaki TDS dalgalanmaları, sindirim süreci boyunca devam eden biyolojik aktiviteye ve mikrobiyal topluluktaki değişikliklere işaret etmektedir.

75:25 (CD: CWW) oranı, ortak sindirim seçenekleri arasında en umut verici sonuçları göstermiş; her ikisi de metanojenik aktiviteye elverişli olan, 6 civarında kararlı bir pH ve biraz daha yüksek sıcaklıklar korumuştur. Genel olarak çalışma, anaerobik ortak sindirim sistemlerinde devreye giren karmaşık etkileşimlerin altını çizmektedir. Manyok atıksuyunun inek gübresiyle ortak sindirimi mümkün olmakla birlikte, substrat oranlarına dikkatle yaklaşılmalıdır.

ANAHTAR KELİMELER: Anaerobik sindirim, Biyogaz üretimi, İnek gübresi, Manyok atıksuyu, Ortak sindirim

EFFECT OF CO-DIGESTION OF COW DUNG WITH CASSAVA WASTEWATER ON BIOGAS PRODUCTION

ABSTRACT:

Rising fuel prices, scarcity, growing energy demands, and environmental concerns in Nigeria highlight the need for sustainable energy sources. Biogas production through anaerobic digestion is promising, leveraging abundant agricultural residues and municipal solid wastes. However, optimizing the biogas production process remains a critical challenge in Nigeria. This study assessed the co-digestion of cow dung with cassava wastewater, on biogas production. The study methodology involved the construction of fixed dome digesters using 25-litre kegs. Substrates, including cow dung and cassava wastewater, were loaded into the digesters at ratios: 75:25, 50:50, 25:75 and 100:0 and regular monitoring of the substrate ratios and their effects on the physicochemical parameters such as pH, temperature, methane and total dissolved solids was conducted, with subsequent data analysis using descriptive and inferential statistics. Results revealed significant variations in these parameters, emphasizing the influence of substrate composition.

The 75:25 (CD: CWW) ratio maintains the most stable pH, ranging from 5.95 to 6.56 over the 22-day period. The pH values mostly stay above 6, which is generally favorable for methanogenic bacteria. The 50:50 (CD: CWW) ratio pH values range from 4.24 to 5.52, indicating more acidic conditions than the 75:25 ratio. The pH remains relatively stable but shows some fluctuations over time. The 25:75 and 50:50 ratio might be too acidic for optimal methane production, while the 0:100 ratio might be slightly too alkaline. All digesters show a similar overall pattern with temperature fluctuations. There's a noticeable temperature drop around 9 DAL for all ratios, followed by an increase at 11 DAL. The 75:25 ratio maintains slightly higher temperatures on average, which could be beneficial for mesophilic methane-producing bacteria. 75:25 (CD: CWW) ratio shows a generally increasing trend in methane production over time. It starts low (0.06 at 2 DAL) and peaks at 5.06 at 17 DAL. Production is variable but maintains higher levels in later stages. Demonstrates good potential for sustained methane production. Higher proportions of cassava wastewater (25:75 and 50:50 ratios) seem to result in higher and more stable TDS levels, possibly due to the more readily soluble organic matter in cassava waste. The fluctuations in TDS across all ratios suggest ongoing biological activity and changes in the microbial community throughout the digestion process.

© 2026 ISARC Academy

The 75:25 (CD: CWW) ratio demonstrated the most promising results among the co-digestion options, maintaining a stable pH around 6 and slightly higher temperatures, both conducive to methanogenic activity. Overall, the study underscores the complex interactions at play in anaerobic co-digestion systems. While co-digestion of cassava wastewater with cow dung is possible, careful consideration must be given to the ratio of substrates.

KEYWORDS: Anaerobic digestion, Biogas production, Cow dung, Cassava wastewater, Co-digestion

INTRODUCTION

In recent years, Nigeria has faced significant challenges in waste management and energy security, prompting growing interest in sustainable alternatives for waste treatment and renewable energy production. Anaerobic digestion (AD) provides an approach that addresses both concerns by converting organic waste into biogas, primarily composed of methane and carbon dioxide. The process is especially relevant in agricultural settings where organic residues are abundant and can be converted into useful energy rather than being disposed of through practices that may contribute to environmental pollution (Ogunleye et al., 2021; Adebayo et al., 2022).

Co-digestion is the simultaneous anaerobic digestion of two or more substrates. The combination of different feedstocks can improve substrate utilization, nutrient balance and process stability. Cow dung is readily available in agricultural environments and provides organic matter, nutrients and microbial diversity. Cassava wastewater, generated during cassava processing, contains readily biodegradable organic material. Their combination therefore provides an opportunity to integrate waste management with renewable energy generation (Nwosu-Obieogu et al., 2020; Oyedepo et al., 2023).

The need for this approach is linked to two related challenges. Improper management of cow dung and wastewater can create environmental and health concerns, while continued dependence on conventional energy sources contributes to energy insecurity and environmental degradation. The co-digestion of these materials offers a way of recovering energy from wastes while reducing the burden associated with their disposal (Akinyemi and Olaniyan, 2022; Adaramola et al., 2024).

Previous work reviewed in the study indicates that feedstock composition, pH, temperature, retention time, mixing, inhibitory compounds, microbial community structure and nutrient availability influence anaerobic digestion. Methanogenic microorganisms are particularly sensitive to changes in pH and operating conditions. Cow dung can contribute buffering capacity and nutrients, whereas cassava wastewater can supply readily soluble organic matter. The interaction between these characteristics makes substrate ratio an important consideration in co-digestion (Zhang et al., 2021; Khan et al., 2022).

During anaerobic digestion, complex organic materials pass through hydrolysis, acidogenesis, acetogenesis and methanogenesis. Hydrolysis converts complex polymers into simpler compounds; acidogenesis produces volatile fatty acids and other intermediates; acetogenesis converts these products into compounds such as acetate, hydrogen and carbon dioxide; and methanogenesis produces methane. The efficiency of these stages depends on the conditions within the digester and on the characteristics of the substrates.

The present study was designed to investigate the effects of co-digesting cow dung with cassava wastewater on bio-methane production. The specific objectives were to identify an appropriate mixing ratio, assess pH conditions associated with bio-methane production, and determine temperature conditions associated with the process. The study also considered the changes in total dissolved solids (TDS), methane and carbon dioxide concentrations and particulate matter during the experimental period.

© 2026 ISARC Academy

STUDY RATIONALE AND OBJECTIVES

The study was undertaken because improving the conversion of agricultural wastes into useful energy could simultaneously support waste management and renewable energy generation. Cow dung and cassava wastewater are both available agricultural waste streams, but their individual characteristics may create different conditions for anaerobic digestion. Testing different combinations therefore provides information on how substrate composition relates to pH, temperature, TDS and methane production.

- To identify the optimal mixing ratio of cow dung and cassava wastewater for bio-methane production.
- To assess the pH conditions associated with bio-methane production.
- To determine the temperature conditions associated with bio-methane production.

The environmental significance of the study lies in the potential to manage agricultural wastes while recovering energy. Anaerobic digestion can reduce the quantity of unmanaged organic waste and produce digestate that may be useful as an organic soil amendment. Capturing methane for productive use also provides an alternative to allowing methane-containing biogas to escape during uncontrolled waste decomposition. These benefits connect the study to broader waste-management, resource-recovery and sustainable-energy objectives.

From an economic perspective, biogas systems may provide an alternative energy source and create opportunities around the construction, operation, maintenance and servicing of digesters. The digestate can also potentially support agricultural production. From a societal perspective, access to cleaner energy can reduce dependence on traditional biomass fuels and can contribute to improved waste-handling practices. The thesis therefore considers anaerobic digestion as an intersection between environmental management, energy recovery and agricultural resource utilization.

The literature reviewed in the thesis emphasizes that co-digestion can provide synergistic effects when the characteristics of the substrates complement one another. In particular, cow dung may supply nutrients and buffering capacity, while cassava wastewater supplies readily fermentable organic matter. However, the same cassava wastewater can create unfavorable conditions when present in high proportions. The experimental comparison of 75:25, 50:50, 25:75 and 100:0 ratios was therefore used to examine how the relative quantities of the two substrates affected digestion conditions and methane production.

The study was carried out at the Directorate of University Farms (DUFARMS), Federal University of Agriculture, Abeokuta, Ogun State, Nigeria. Fresh cow dung was obtained from the cattle-farming area of the experimental site, while cassava wastewater was obtained from a cassava processing mill in Eleweran, Abeokuta. The experimental system used 25-litre kegs constructed as fixed-dome anaerobic digesters. Substrate mixtures occupied approximately three-quarters of each digester, leaving headspace for biogas accumulation.

RESEARCH AND FINDINGS

RESEARCH DESIGN AND DATA COLLECTION

The experimental design involved cow dung and cassava wastewater mixtures at 75:25, 50:50, 25:75 and 100:0 ratios. Water was used in preparing the cow dung slurry. The digesters were fitted with inlet, outlet and biogas collection connections and were sealed to maintain anaerobic conditions. Substrates were mixed and loaded into the digesters, after which the systems were monitored for approximately three and a half weeks.

Data were collected three times per week. The monitored parameters included pH, temperature, methane and carbon dioxide concentration, electrical conductivity, total dissolved solids and particulate matter

© 2026 ISARC Academy

(PM2.5, PM1.0 and PM10). Gas leak checks and periodic flammability tests were also carried out. Methane and carbon dioxide were measured with a portable gas analyzer, while pH, temperature, TDS and electrical conductivity were measured using a multimeter. Gas samples for particulate-matter assessment were collected in a transparent bag before readings were taken with an air-quality meter. Readings were recorded in triplicates.

The results were interpreted using descriptive and inferential statistics. Measurements were reported as mean ± standard deviation, and Duncan's Multiple Range Test (DMRT) was used to identify differences among means at the stated significance level. The findings were considered in relation to the operating conditions required for anaerobic digestion and methanogenic activity.

FINDINGS ON pH

The 75:25 cow dung-to-cassava wastewater ratio maintained the most stable pH profile during the 22-day observation period, ranging from 5.95 to 6.56. Most readings remained above 6. The 50:50 ratio recorded values between 4.24 and 5.52, while the 25:75 ratio remained more acidic, ranging from 4.18 to 5.53. The 100:0 cow-dung-only treatment remained between 6.71 and 7.13.

The lower pH associated with the higher cassava wastewater proportions was interpreted in the thesis as being related to acid formation during fermentation and the reduced buffering influence of cow dung. The 75:25 treatment provided a comparatively stable environment, suggesting that the greater proportion of cow dung helped moderate the acidic influence of cassava wastewater. The findings also illustrate that substrate ratio strongly affected the chemical conditions within the digesters.

FINDINGS ON TEMPERATURE

Temperature varied across the treatments, with a noticeable decline around the ninth day followed by an increase around the eleventh day. The 75:25 treatment showed a generally stable profile and ended at 31.65°C on Day 22. The 50:50 treatment ended at 31.20°C, the 25:75 treatment at 30.75°C, and the 100:0 treatment at 30.57°C. The thesis associates the relatively stable temperatures with continued microbial activity and notes that the values generally occurred around the mesophilic operating region.

The larger temperature decline observed with the 25:75 treatment was interpreted as potentially related to the higher water content and dilution effect of cassava wastewater, together with possible inhibitory effects on microbial activity. Overall, temperature patterns showed that the substrate combinations did not behave identically, even though all treatments followed a broadly similar temporal pattern.

FINDINGS ON BIO-METHANE PRODUCTION

Methane production showed the clearest difference among the treatments. The 75:25 treatment increased from 0.06 on Day 2 to 5.06 on Day 17, after which it declined to 2.36 by Day 22. The 50:50 treatment remained very low throughout the observation period, with values generally close to zero. The 25:75 treatment showed a similar low-production pattern. In contrast, the 100:0 cow-dung-only treatment recorded substantially higher methane values, reaching 36.32 on Day 17 and 33.61 on Day 22.

The results therefore show an important distinction between the most favorable co-digestion condition and the highest methane-producing treatment overall. Within the co-digestion treatments, 75:25 produced the most meaningful and sustained methane trend. However, cow dung alone produced considerably more methane than any of the tested mixtures. The thesis attributes the lower methane production at higher cassava wastewater proportions to acidity, dilution of fermentable organic matter and possible inhibitory substances such as cyanide. Cow dung's nutrient balance and microbial diversity were identified as factors that could support stronger methanogenic activity in the 100:0 treatment.

© 2026 ISARC Academy

FINDINGS ON TOTAL DISSOLVED SOLIDS

TDS increased during the early stages of digestion and subsequently fluctuated or declined. The 75:25 treatment increased from 540.83 on Day 2 to 5,873.33 on Day 7 and recorded 5,813.66 on Day 11 before later fluctuations. The 50:50 treatment reached 7,308 on Day 7 and 6,791.66 on Day 11. The 25:75 treatment recorded 7,445 on Day 4 and 7,098.33 on Day 11. The 100:0 treatment generally had lower TDS values, although it also showed fluctuations, including a value of 8,038.33 on Day 9.

The thesis interprets the early increase in TDS as evidence of the breakdown and solubilization of organic materials. As digestion progressed, dissolved substances were consumed by microorganisms, converted into gaseous products or otherwise removed from the dissolved phase, resulting in later declines or fluctuations. Treatments containing greater proportions of cassava wastewater generally showed higher TDS levels, consistent with the presence of readily soluble material in the wastewater.

OVERALL RESEARCH FINDING

Taken together, the findings demonstrate that substrate composition affected the physicochemical conditions and methane production of the digesters. The 75:25 treatment maintained the most stable co-digestion environment in terms of pH and temperature and produced a clear methane trend. Nevertheless, the 100:0 cow-dung treatment produced the highest methane values in the experiment. The results therefore do not support treating the 75:25 ratio as the highest methane-yielding treatment overall; rather, it was the most favorable among the co-digestion options tested in the study.

CONCLUSION

This study examined the effects of co-digesting cow dung with cassava wastewater on biogas production using small fixed-dome digesters and different substrate ratios. The results demonstrated that the relative proportion of cow dung and cassava wastewater influenced pH, temperature, methane production and total dissolved solids during anaerobic digestion.

The 75:25 cow dung-to-cassava wastewater ratio produced the most stable conditions among the co-digestion treatments. Its pH remained within a comparatively narrow range of 5.95 to 6.56 over the 22-day period, and its temperature profile was relatively stable. It also demonstrated an increasing methane-production trend, reaching 5.06 on Day 17 before declining toward the end of the observation period. These findings suggest that the 75:25 ratio provided the most favorable balance among the tested co-digestion treatments.

However, the cow-dung-only treatment produced substantially more methane than all the co-digestion treatments, reaching 36.32 on Day 17 and 33.61 on Day 22. This is an important finding because it shows that the treatment with the most favorable co-digestion conditions was not the treatment with the highest methane output overall. The higher proportions of cassava wastewater were associated with more acidic conditions and very low methane production, indicating that the composition of the wastewater and its proportion in the substrate mixture can constrain methanogenesis.

The TDS results further showed that mixtures containing more cassava wastewater generally had higher dissolved-solids levels. The observed fluctuations indicate continuing biological activity and changes in the availability and utilization of dissolved organic materials throughout digestion. Overall, the study confirms that anaerobic co-digestion of cow dung and cassava wastewater is possible, but the substrate ratio requires careful management.

The findings provide a basis for further investigation of agricultural waste-to-energy systems in the Nigerian context. Future work should include longer monitoring periods, controlled operating conditions, pilot-scale testing and further investigation of cassava wastewater characteristics and potential inhibitory compounds. Such work would help establish how the laboratory-scale observations can be translated into reliable waste-management and renewable-energy applications.

© 2026 ISARC Academy

REFERENCES

Adetunji, A., Smith, B., Johnson, C., Adeyemi, M., Olatunji, K., Roberts, T., & James, L. (2020). The role of nutrient balance in anaerobic digestion: Insights from co-digestion studies. Bioresource Technology Reports, 15(3), 100–110.

Akinbile, C. O., Akinpelu, A. O., Ige, T. A., Ojo, K. S., Thomas, E. A., Adebanjo, M., & Omotayo, R. (2020). Effect of co-digestion on biogas production from cow dung and cassava wastewater. Journal of Environmental Management, 250(1), 109–117.

Akinbile, C. O., Jones, P. Q., Smith, R., Olawale, S. T., Adeola, A. A., Michaels, R. J., & White, P. D. (2022). The environmental impacts associated with traditional waste disposal methods compared to anaerobic digestion. Journal of Waste Management, 30(2), 300–312.

Akinbile, C. O., Doe, J., Smith, R., Adekunle, M. A., Adebisi, F. L., Martins, K. O., & Johnson, T. R. (2023). Microbial dynamics in co-digestion systems: Effects on biochemical methane potential. Journal of Environmental Management, 305, 1–10.

Akinola, O. J., Smith, T. J., Williams, R., Adeyemi, T. S., Olatunji, B. K., Roberts, M. L., & Omole, A. T. (2021). Biomethane production from co-digestion of cow dung and cassava wastewater. Journal of Environmental Management, 278, 111–120.

Angelidaki, I., Hansen, K. H., Madsen, M., Petersen, J. K., Jørgensen, L. M., Nielsen, S. O., & Andersen, M. P. (2021). Co-digestion of organic waste: A review. Waste Management, 120, 123–135.

Intanoo, P., Chavadej, S., & Intrasungkha, N. (2014). Anaerobic digestion of cassava wastewater for biogas production. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 49(1), 34–41.

Khan, M. I., Khanal, S. K., & Lee, J. W. (n.d.). Biomethane production from cow dung: A review. Renewable Energy, 146.

Khanal, S. K., Chen, W.-H., & Liou, J.-S. (n.d.). Anaerobic co-digestion: A review. Bioresource Technology, 98(18).

Kumar, P., Kumar, A., & Sharma, S. (2018). Anaerobic digestion of cow dung for biogas production: A review. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 53(1), 34–43.

Mata-Alvarez, J., Macé, S., & Llabres, P. (n.d.). Anaerobic digestion of organic solid wastes: An overview. Waste Management, 34(12).

Müller, J. A., Schuchardt, F., & Kuhlmann, H. W. (n.d.). Enhancing biogas production from cow manure: Co-digestion with other organic wastes. Bioresource Technology, 319.

Wang, H., Li, X., Zhang, Y., Liu, J., Chen, Q., Roberts, M. L., & Kim, S. (2024). Microbial community dynamics in co-digesting organic waste. Applied Microbiology and Biotechnology, 108(6), 2345–2358.

Zhang, Y., Smith, P. R., Lee, S. H., Kim, J., Park, T., Roberts, F. A., & Choi, M. L. (2021). A comprehensive study on the environmental benefits of anaerobic digestion in agricultural settings. Environmental Science & Technology, 55(5), 4321–4330.

Zhang, Y., Lee, S. H., Kim, S. J., Park, M. Y., Cho, H. R., Roberts, M. T., & James, E. W. (2023). Optimizing co-digestion conditions for enhanced methane production. Bioresource Technology Reports, 15(4), 100–110.

© 2026 ISARC Academy

THE SCHOLARLY DISQUISITION ON THE RECONFIGURATION OF CANCER VACCINE SCIENCE: NEOANTIGEN ENGINEERING, IMMUNOGENICITY, TUMOR-MICROENVIRONMENT MODULATION, PRECISION IMMUNOTHERAPY, CLINICAL TRANSLATION, MOLECULAR DESIGN, IMMUNE-RESPONSE OPTIMIZATION, THERAPEUTIC PERSONALIZATION, AND FUTURE ORIENTED ONCOLOGICAL INNOVATION

Nodar Sulashvili [1], Olga Shapoval [2], Maka Buleishvili [3], Irina Imerlishvili [4], Nato Alavidze [5], Nino Abuladze [6], Marika Sulashvili [7], Igor Seniuk [8], Vira Kravchenko [9], Ketevani Gabunia [10]

1. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical and Pharmacological Sciences In Medicine, Affiliated Professor of Faculty of Medicine at Georgian International University GIU; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of Faculty of Medicine at BAU International University Batumi, Georgia; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of International School of Medicine at Alte University; Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU; Associate Affiliated Professor of Medical Pharmacology of Faculty of Medicine at Sulkhan-Saba Orbeliani University; Associate Professor of Pharmacology and Pharmacotherapy of Pharmacy Program at Shota Meskhia Zugdidi State University, Zugdidi, Georgia; Associate Professor of Medical Pharmacology at School of Medicine at David Aghmashenebeli University of Georgia; Associate Professor of Biochemistry and Pharmacology Direction of School of Health Sciences at the University of Georgia; Associate Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at East European University; Associate Professor of Pharmacology of Faculty of Dentistry and Pharmacy at Tbilisi Humanitarian Teaching University; Invited Lecturer (Invited Professor) of Scientific Research-Skills Center at Tbilisi State Medical University; Invited Lecturer of Clinical Pharmacology Department at Tbilisi State Medical University; Tbilisi, Georgia; Researcher of Department of Pharmaceutical Management of Yerevan State Medical University After Mkhitar Heratsi, Yerevan, Armenia. Orcid https://orcid.org/0000-0002-9005-8577
2. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of Department of Pharmacology and Medical Prescription at Kharkiv State Medical University, Kharkiv, Ukraine; https://orcid.org/0000-0002-1971-2863
3. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Professor of Faculty of Medicine at Georgian International University GIU, Dean of Faculty of Medicine at Georgian International University GIU, Professor of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU, Professor of Faculty of Medicine at European University, Professor of Faculty of Medicine at Caucasus International University, Professor of Faculty of Medicine at Georgian-American University, Invited Lecturer of Tbilisi State Medical University, Tbilisi, Georgia; Professor of Faculty of Medicine at BAU International University Batumi, https://orcid.org/0009-0004-2657-8473
4. PhD, Doctor of Law, Professor, Rector of BAU International University Batumi; Professor of BAU International University Batumi; Professor at the International Black Sea University, Batumi-Tbilisi, Georgia; https://orcid.org/0009-0008-6862-7025
5. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of Akaki Tsereteli State University, Faculty of Medicine, Department of Pharmacy, Kutaisi, Georgia. Professor, Dean Faculty of Medicine at East European University, Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0001-6695-5924
6. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Academician, Professor of Akaki Tsereteli State University, Faculty of Medicine, Department of Pharmacy, Kutaisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0003-2189-7470

© 2026 ISARC Academy

7. MD, Doctor of Family Medicine, Invited Lecturer of Tbilisi State Medical University, Department of Molecular and Medical Genetics; Invited Lecturer of Family Medicine of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU; Invited Professor of Biochemistry and Molecular and Medical Genetics at The University of Georgia; Tbilisi, Georgia; https://orcid.org/0000-0002-6338-4262

8. PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Dean of faculty of Pharmacy at National University of Pharmacy of Ukraine, Associate Professor of Biological Chemistry Department at National University of Pharmacy, Kharkiv, Ukraine. https://orcid.org/0000-0003-3819-7331

9. MD, PhD, Doctor of Biological, Sciences, Academician, Professor, Head of The Biological Chemistry Department at National University of Pharmacy of Ukraine, Kharkiv, Ukraine. https://orcid.org/0000-0001-6335-2490

10. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Academician, Professor of Akaki Tsereteli State University, Faculty of Medicine, Department of Stomatology and Pharmacy, Kutaisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0002-5857-6593;

ABSTRACT

Cancer vaccine science is undergoing a substantial transformation as advances in tumor immunology, molecular profiling, antigen discovery, biotechnology, and precision medicine converge to establish increasingly individualized approaches to cancer prevention and treatment. This scholarly disquisition examines the contemporary reconfiguration of cancer vaccine development through an integrative framework encompassing neoantigen engineering, immunogenicity optimization, tumor-microenvironment modulation, precision immunotherapy, molecular vaccine design, translational innovation, and therapeutic personalization. Particular emphasis is placed on the biological and technological principles underlying the generation of vaccine-induced antitumor immunity and the mechanisms through which tumor-associated antigens, tumor-specific neoantigens, dendritic-cell activation, antigen presentation, T-cell priming, immune-cell trafficking, and immunological memory contribute to therapeutic responses. Contemporary vaccine platforms include peptide- and protein-based formulations, nucleic-acid technologies, messenger RNA vaccines, viral-vector systems, dendritic-cell-based approaches, whole-cell strategies, and personalized neoantigen vaccines. Their development increasingly incorporates high-throughput sequencing, computational epitope prediction, immunopeptidomics, bioinformatics, artificial intelligence-assisted antigen selection, and molecular characterization of individual tumors. These technologies facilitate identification of patient-specific antigenic targets and provide opportunities for designing vaccines with greater immunological specificity. Nevertheless, vaccine-induced immunity remains influenced by tumor heterogeneity, antigenic evolution, immune-editing mechanisms, defective antigen presentation, immunosuppressive cellular populations, metabolic constraints, and the complex architecture of the tumor microenvironment. The analysis further explores the therapeutic integration of cancer vaccines with immune checkpoint inhibitors, adoptive cellular therapies, targeted molecular agents, radiotherapy, chemotherapy, and other immunomodulatory interventions. Such combinations may address multiple biological barriers simultaneously by enhancing antigen release, improving immune-cell activation, reducing immunosuppressive signaling, and sustaining effector-cell function. However, the clinical translation of these approaches requires rigorous assessment of immunogenicity, safety, manufacturing reproducibility, pharmacological compatibility, biomarker selection, treatment sequencing, and clinically meaningful outcomes. Particular consideration is given to precision immunotherapy and individualized vaccine development, in which molecular and genomic characteristics may inform antigen selection, therapeutic design, patient stratification, and longitudinal monitoring. Despite considerable scientific progress, important challenges remain concerning manufacturing complexity, production time, regulatory harmonization, treatment accessibility, cost, standardized assessment of immune responses, and identification of robust predictive biomarkers. Future development will therefore depend upon multidisciplinary integration of cancer biology, immunology, genomics, computational science, pharmaceutical technology, and clinical medicine. The contemporary cancer

© 2026 ISARC Academy

vaccine research represents an increasingly sophisticated translational field in which molecular characterization and immune engineering are reshaping therapeutic strategies. Continued technological refinement, rigorous clinical validation, and biomarker-guided patient selection may strengthen the capacity of cancer vaccines to contribute to personalized, durable, and biologically informed oncological treatment paradigms.

Keywords: Cancer Vaccines; Neoantigen Engineering; Precision Immunotherapy; Tumor Microenvironment; Immunogenicity.

INTRODUCTION

Cancer vaccine science is undergoing a profound conceptual, technological, and translational reconfiguration driven by the convergence of tumor genomics, immuno-oncology, molecular engineering, systems immunology, computational biology, bioinformatics, nanomedicine, and precision therapeutics. Historically, therapeutic cancer vaccination was predominantly conceptualized as an immunostimulatory strategy intended to augment recognition of tumor-associated antigens and promote cytotoxic immune responses against malignant cells. Contemporary cancer vaccine development, however, increasingly represents a multidimensional precision-oncology platform in which tumor-specific molecular information is transformed into individualized antigenic constructs, immunologically optimized formulations, and clinically actionable therapeutic interventions. This transition reflects a fundamental movement from generalized immune activation toward molecularly informed immune-response programming, whereby the genetic, epigenetic, transcriptomic, proteomic, and immunological characteristics of an individual malignancy can be integrated into the design of personalized vaccination strategies. The resulting paradigm situates cancer vaccines within an increasingly interconnected therapeutic ecosystem encompassing neoantigen discovery, antigen processing and presentation, dendritic-cell activation, T-cell priming, immune-cell trafficking, tumor-microenvironment remodeling, immune-checkpoint modulation, biomarker-guided patient selection, and longitudinal pharmacodynamic monitoring.

The molecular heterogeneity of malignant disease constitutes one of the principal scientific rationales for this transformation. Tumors are characterized by dynamic populations of genetically and epigenetically diverse cellular clones containing combinations of driver alterations, passenger mutations, structural variants, copy-number abnormalities, aberrant splicing events, gene-expression dysregulation, and post-translational modifications. Such molecular complexity generates a heterogeneous antigenic landscape that may differ substantially between tumor types, individual patients, metastatic sites, and even spatially distinct regions within the same neoplasm. Conventional tumor-associated antigens may be expressed by both malignant and normal tissues, thereby imposing limitations on specificity and potentially restricting the magnitude or safety of vaccine-induced immunity. In contrast, tumor-specific neoantigens generated by somatic genomic alterations can provide highly individualized molecular targets capable of distinguishing malignant cells from normal cellular compartments. The identification, prioritization, validation, and therapeutic exploitation of these neoantigens have therefore become central components of contemporary cancer vaccine science.

Neoantigen engineering represents an especially important dimension of this emerging paradigm. Neoantigens may arise from single-nucleotide variants, insertions and deletions, gene fusions, alternative splicing, aberrant translation, frameshift mutations, and other tumor-specific genomic or transcriptomic events. Their therapeutic relevance depends not simply upon the presence of a mutation but upon a complex sequence of biological processes involving transcription, translation, proteasomal processing, peptide transport, major histocompatibility complex loading, cell-surface presentation, T-cell receptor recognition, and functional immunogenicity. Consequently, contemporary neoantigen discovery has evolved beyond mutation cataloguing toward integrative prediction of antigen presentation and immune recognition. Whole-exome sequencing, whole-genome sequencing, RNA sequencing, immunopeptidomics, HLA genotyping, computational neoantigen prediction, machine-learning algorithms, structural modelling, and experimental immunological validation are increasingly

© 2026 ISARC Academy

incorporated into candidate selection. This multidimensional architecture seeks to identify those tumor-derived peptides or antigenic determinants most likely to generate clinically meaningful antitumor T-cell responses.

The growing sophistication of neoantigen prediction has simultaneously highlighted the distinction between theoretical antigenicity and demonstrated immunogenicity. A mutation may theoretically encode an altered peptide capable of binding an HLA molecule but nevertheless fail to produce an effective immune response because of inadequate expression, inefficient antigen processing, poor peptide presentation, insufficient T-cell precursor frequency, immune tolerance, T-cell exhaustion, or suppressive signaling within the tumor microenvironment. Accordingly, vaccine engineering increasingly requires a systems-level understanding of the entire antigen-to-immunity continuum. Molecular design must consider not only the identity of the target antigen but also its abundance, clonality, HLA restriction, processing characteristics, structural properties, immunodominance, potential cross-reactivity, and capacity to stimulate durable effector and memory responses. This transition from mutation-centric to immunobiology-centric vaccine design represents an important conceptual advance in precision oncology.

Cancer vaccine platforms themselves have undergone substantial technological diversification. Contemporary approaches encompass synthetic long peptides, short peptides, recombinant proteins, DNA vaccines, RNA vaccines, messenger RNA platforms, viral vectors, dendritic-cell vaccines, whole-cell vaccines, tumor lysates, and increasingly sophisticated nanoparticle- and liposome-based delivery systems. Each platform possesses distinct characteristics regarding antigenic breadth, manufacturing complexity, stability, intracellular delivery, innate immune activation, translational scalability, and regulatory feasibility. Messenger RNA technology has attracted particular interest because it enables rapid incorporation of individualized antigenic sequences and can facilitate intracellular antigen production and presentation. Advances in nucleic-acid chemistry, sequence optimization, untranslated-region engineering, nucleoside modification, formulation technology, and lipid nanoparticle delivery have further expanded the potential of RNA-based cancer vaccines. Nevertheless, platform selection remains context-dependent and must account for tumor biology, disease burden, antigenic architecture, immune status, treatment history, manufacturing requirements, and the intended clinical endpoint.

The immunological effectiveness of a cancer vaccine is also fundamentally dependent upon appropriate activation of antigen-presenting cells. Dendritic cells occupy a central position in this process because they integrate innate and adaptive immune signals, process tumor-associated antigens, migrate to lymphoid tissues, and initiate antigen-specific T-cell responses. Effective vaccination therefore requires coordinated engagement of pattern-recognition pathways, antigen uptake, intracellular processing, major histocompatibility complex presentation, costimulatory signaling, cytokine production, and T-cell receptor-mediated recognition. The quality of dendritic-cell maturation may determine whether vaccination promotes productive antitumor immunity or results in weak, transient, or tolerogenic responses. Contemporary vaccine engineering consequently increasingly incorporates adjuvanticity, innate immune pathway modulation, antigen-delivery optimization, and controlled activation of immunological signaling networks to enhance the probability of effective T-cell priming.

A major limitation confronting therapeutic vaccination is that antigen recognition alone does not guarantee tumor eradication. Malignant tissues develop highly complex tumor microenvironments characterized by immunosuppressive cellular populations, altered extracellular matrices, aberrant vasculature, metabolic dysfunction, hypoxia, inhibitory cytokines, and immunoregulatory signaling networks. Regulatory T cells, myeloid-derived suppressor cells, tumor-associated macrophages, dysfunctional dendritic-cell populations, cancer-associated fibroblasts, and other stromal or immune components can interfere with lymphocyte recruitment, activation, persistence, and cytotoxic function. Furthermore, immune checkpoint pathways involving programmed cell death protein 1, programmed death-ligand 1, cytotoxic T-lymphocyte-associated protein 4, lymphocyte activation gene 3, T-cell immunoglobulin and ITIM domain, and other inhibitory mechanisms can attenuate vaccine-generated antitumor responses. Consequently, contemporary cancer vaccine science increasingly views the

© 2026 ISARC Academy

vaccine not as an isolated intervention but as one component of an integrated immunotherapeutic architecture.

Tumor-microenvironment modulation has therefore become inseparable from the development of effective therapeutic vaccination strategies. The capacity of vaccine-induced T cells to recognize tumor cells must be complemented by their ability to enter the tumor, survive within metabolically hostile conditions, resist inhibitory signals, maintain effector functionality, and establish durable immunological memory. Strategies aimed at modifying the tumor microenvironment include immune-checkpoint blockade, cytokine-based interventions, targeted molecular therapies, antiangiogenic approaches, stromal modulation, metabolic reprogramming, radiation-induced immunogenic effects, selected chemotherapeutic regimens, and other treatments capable of altering tumor immunogenicity. Combination therapy can potentially convert immunologically “cold” tumors into more permissive immune environments, enhance antigen release, increase antigen presentation, improve lymphocyte infiltration, or reduce suppressive cellular populations. However, the biological complexity of these combinations requires careful evaluation because excessive immune stimulation may increase toxicity without necessarily producing proportional therapeutic benefit.

Precision immunotherapy consequently represents a major conceptual extension of personalized cancer vaccination. Instead of applying a uniform vaccine to an anatomically defined cancer category, precision approaches seek to characterize the molecular and immunological architecture of an individual tumor before constructing or selecting the therapeutic intervention. This framework may integrate somatic mutation profiles, germline genetic characteristics, HLA genotype, tumor mutational burden, microsatellite instability, mismatch-repair status, gene-expression signatures, immune-cell infiltration, checkpoint-ligand expression, clonality, neoantigen quality, and other molecular or immunological variables. Such multidimensional characterization can facilitate individualized antigen selection and inform the rational integration of vaccines with checkpoint inhibitors, targeted therapies, cellular immunotherapies, radiotherapy, or other treatment modalities.

The emergence of artificial intelligence and machine learning has further accelerated the computational dimension of vaccine development. Neoantigen prediction involves high-dimensional datasets in which genomic variants must be integrated with transcriptional expression, HLA-binding characteristics, antigen-processing probabilities, structural features, and immunological evidence. Machine-learning models may assist in identifying candidate neoantigens, predicting peptide-HLA interactions, characterizing T-cell receptor recognition, prioritizing vaccine targets, and interpreting complex response patterns. Artificial intelligence can also support biomarker discovery, patient stratification, pharmacodynamic modelling, imaging analysis, and longitudinal prediction of therapeutic response. Nevertheless, computational predictions remain dependent upon training-data quality, algorithmic generalizability, population representation, biological validation, and standardized performance assessment. The translation of artificial intelligence into clinical vaccine development therefore requires rigorous analytical validation and transparent evaluation rather than reliance on computational probability alone.

Molecular design has similarly become a central determinant of vaccine performance. The biological activity of a vaccine can be influenced by antigen sequence, epitope arrangement, molecular stability, intracellular trafficking, delivery mechanism, adjuvant selection, particle characteristics, and formulation composition. Multi-epitope constructs may enable simultaneous targeting of several antigenic determinants, potentially reducing the consequences of intratumoral heterogeneity and antigen-loss variants. Long peptides can provide opportunities for endogenous antigen processing and presentation through multiple pathways, whereas nucleic-acid platforms can facilitate rapid synthesis and individualized sequence incorporation. Nanoparticle technologies may further improve antigen protection, cellular uptake, lymphatic trafficking, and controlled immune activation. Such engineering approaches demonstrate that modern cancer vaccine development increasingly resembles a multidisciplinary form of molecular therapeutics in which immunological function is deliberately designed rather than passively anticipated.

© 2026 ISARC Academy

The therapeutic objective is not merely the generation of an immediate cytotoxic response but the establishment of durable, tumor-specific immunological surveillance. Effective vaccination may promote expansion of antigen-specific CD8-positive cytotoxic T lymphocytes, CD4-positive helper T-cell responses, memory-cell formation, and potentially broader epitope spreading. Epitope spreading is particularly relevant because tumor destruction can release additional endogenous antigens, potentially expanding the breadth of immune recognition beyond the original vaccine targets. Such processes may help address tumor heterogeneity and reduce the probability that selective pressure against a limited antigenic repertoire results in immune escape. However, the durability and functional quality of vaccine-induced immunity depend on complex interactions among antigen persistence, T-cell differentiation, metabolic state, cytokine networks, immune checkpoints, tumor evolution, and host immunological characteristics.

The concept of immune-response optimization therefore requires consideration of both quantitative and qualitative parameters. Increasing the number of antigen-specific lymphocytes does not necessarily translate into superior clinical efficacy if those cells exhibit exhaustion, impaired trafficking, limited proliferative capacity, or inadequate cytotoxic function. Conversely, a smaller but highly functional population of tumor-reactive memory T cells may contribute to sustained disease control under appropriate biological conditions. Vaccine optimization must consequently address immunological magnitude, specificity, polyfunctionality, persistence, trafficking, memory formation, and resistance to immunosuppressive mechanisms. The integration of cellular immunophenotyping, T-cell receptor sequencing, cytokine profiling, immunopeptidomics, single-cell transcriptomics, spatial profiling, and functional assays offers increasingly sophisticated opportunities to characterize these dimensions.

Clinical translation remains one of the most consequential challenges within the cancer vaccine field. The progression from molecular discovery to clinical implementation requires coordinated evaluation of analytical validity, biological plausibility, manufacturing reproducibility, pharmacological characteristics, immunological activity, clinical efficacy, safety, and patient-reported outcomes. Personalized vaccines introduce additional logistical and regulatory complexities because manufacturing may occur on an individualized basis and must be synchronized with diagnostic sequencing, treatment scheduling, quality-control procedures, and clinical decision-making. The time required for tumor sampling, sequencing, computational antigen prioritization, construct design, production, quality assessment, and administration can become clinically relevant, particularly in patients with rapidly progressive disease. Therefore, technological acceleration and manufacturing standardization are essential components of translational cancer vaccine innovation.

The individualized nature of cancer vaccination also raises important questions regarding evidence generation. Conventional randomized controlled trials frequently evaluate standardized interventions administered to relatively homogeneous populations, whereas personalized vaccines may vary substantially among patients in antigenic composition, molecular architecture, and manufacturing characteristics. This heterogeneity challenges conventional assumptions regarding treatment uniformity and complicates the interpretation of efficacy endpoints. Innovative clinical-trial methodologies, adaptive designs, biomarker-enriched enrollment, integrated translational endpoints, and longitudinal immune monitoring may therefore be required to characterize individualized vaccine strategies adequately. Regulatory frameworks must simultaneously preserve rigorous standards for safety, efficacy, manufacturing quality, and reproducibility while accommodating therapeutic products that are molecularly individualized.

Pharmacology and clinical pharmacology have an increasingly important role in this evolving field. Although vaccines differ from conventional cytotoxic or molecularly targeted drugs, their therapeutic activity is governed by complex exposure-response relationships involving formulation characteristics, tissue distribution, antigen expression, innate immune activation, cellular uptake, antigen presentation, immune-cell expansion, and downstream biological effects. Combination regimens introduce additional pharmacological considerations involving drug-drug interactions, overlapping toxicities, pharmacodynamic interactions, immune-mediated adverse events, dose intensity, treatment sequencing, and treatment discontinuation. A precision vaccine strategy therefore benefits from integration with

© 2026 ISARC Academy

clinical pharmacology principles, particularly when vaccination is combined with immune-checkpoint inhibitors, targeted agents, chemotherapy, radiotherapy, or other immunomodulatory interventions.

Pharmacovigilance is similarly essential because therapeutic cancer vaccination may produce immune-mediated, inflammatory, autoimmune, local, systemic, or platform-specific adverse events. The increasing complexity of combination immunotherapy makes attribution of adverse events particularly challenging. Post-marketing surveillance, spontaneous reporting systems, electronic health-record analyses, prospective safety monitoring, real-world evidence, and pharmacovigilance databases can complement clinical-trial safety information. Advanced signal-detection methodologies may identify rare or delayed adverse events that are difficult to characterize in relatively small clinical studies. Such surveillance should be integrated with mechanistic investigation to distinguish expected pharmacodynamic immune activation from clinically significant immune-related toxicity.

The patient-selection problem constitutes another critical dimension of precision vaccine science. Not all tumors possess equivalent antigenic complexity, mutational burden, immune-cell infiltration, HLA diversity, or capacity for antigen presentation. Tumor type, disease stage, metastatic burden, previous treatment exposure, immune status, microbiome-related factors, host genetics, and comorbidities may influence therapeutic responsiveness. Consequently, identifying predictive biomarkers capable of differentiating patients most likely to benefit from vaccination remains a major scientific priority. Biomarker development should ideally encompass both tumor-intrinsic and host-derived determinants and should be evaluated prospectively rather than inferred solely from retrospective associations.

Cancer evolution further complicates individualized immunotherapeutic strategies. Tumors are dynamic biological systems that undergo continuous clonal selection under genomic instability, environmental pressure, and therapeutic intervention. Immune-mediated selection may eliminate susceptible clones while permitting expansion of antigen-loss or immune-resistant populations. Consequently, a vaccine targeting a static molecular profile may become less relevant as tumor evolution proceeds. Longitudinal genomic and immunological monitoring may therefore enable adaptive vaccine strategies in which antigenic targets are periodically reassessed and therapeutic design is modified in response to emerging tumor characteristics. This concept introduces the possibility of an adaptive precision-immunotherapy model rather than a single fixed vaccination regimen.

The integration of multi-omics technologies is particularly relevant to this adaptive framework. Genomics identifies candidate alterations; transcriptomics evaluates expression; epigenomics characterizes regulatory states; proteomics and immunopeptidomics provide information regarding protein abundance and antigen presentation; metabolomics describes the biochemical environment; and single-cell and spatial technologies reveal cellular heterogeneity and tissue organization. Integrating these data streams may provide a more comprehensive representation of tumor immunogenicity than any single molecular platform. Such integration is technically demanding but increasingly feasible through high-performance computing, artificial intelligence, interoperable bioinformatics pipelines, and standardized molecular diagnostics.

The future of cancer vaccine science is consequently likely to be characterized by increasing convergence among molecular oncology, immunology, computational medicine, pharmacology, biotechnology, and clinical therapeutics. The traditional distinction between vaccine development and cancer treatment is becoming progressively less meaningful as therapeutic vaccines are incorporated into multimodal precision-oncology strategies. Cancer vaccines may function not only as agents that induce tumor-specific immunity but also as molecularly programmable platforms capable of shaping immune recognition, modifying treatment responsiveness, and potentially supporting long-term immunological control. Their ultimate clinical value will depend on the successful integration of antigenic specificity with effective delivery, immune activation, tumor-microenvironment permissiveness, combination therapy, safety surveillance, and evidence-based patient selection.

Within this broader scientific transformation, the reconfiguration of cancer vaccine science can therefore be understood as a shift from generalized immunostimulation toward individualized immune engineering. Neoantigen engineering provides the molecular foundation for specificity; advanced

© 2026 ISARC Academy

vaccine platforms provide the technological means of antigen delivery; immunogenicity optimization determines the capacity to initiate effective immune responses; tumor-microenvironment modulation addresses barriers to immune function; precision immunotherapy establishes patient-specific therapeutic strategies; molecular diagnostics and computational analytics enable individualized design; clinical pharmacology contributes principles for treatment optimization and combination management; and pharmacovigilance provides continuous evaluation of therapeutic safety. Clinical translation ultimately requires these components to operate within a rigorous evidence-generating framework that integrates molecular biomarkers, immunological endpoints, clinical outcomes, real-world evidence, and patient-centered considerations.

The contemporary cancer vaccine science should not be conceptualized as a single therapeutic technology but as an integrated translational ecosystem linking molecular characterization of malignancy with rational immune intervention. The convergence of tumor sequencing, neoantigen prediction, synthetic biology, nucleic-acid engineering, nanotechnology, immune profiling, artificial intelligence, precision pharmacotherapy, and clinical immunology creates opportunities to redesign how cancer prevention, diagnosis, treatment, and long-term disease surveillance are conceptualized. At the same time, substantial scientific challenges remain concerning antigen validation, tumor heterogeneity, immune escape, manufacturing scalability, treatment timing, biomarker standardization, regulatory harmonization, cost, accessibility, and equitable implementation.

The scientific imperative is therefore to develop cancer vaccines that are not only immunogenic but clinically meaningful, biologically adaptive, manufacturable, safe, reproducible, and appropriately integrated into individualized treatment pathways. Future progress will depend on establishing robust connections between molecular discoveries and therapeutic outcomes, validating computational predictions through experimental immunology, improving the precision of antigen selection, engineering more effective delivery systems, remodeling immunosuppressive tumor ecosystems, and developing adaptive clinical strategies capable of responding to tumor evolution. Such a framework positions cancer vaccination at the intersection of precision oncology and immune engineering and provides a foundation for the continued transformation of therapeutic cancer prevention and treatment. The reconfiguration of cancer vaccine science consequently represents not merely an incremental technological advance, but a broader translational evolution toward molecularly informed, immunologically adaptive, patient-specific, and evidence-driven oncological innovation.

Background

Cancer vaccine science has undergone a profound conceptual transformation during the past several decades, evolving from empirically selected tumor-associated antigen strategies toward molecularly defined, personalized, computationally engineered, and increasingly integrated immunotherapeutic approaches. This transformation reflects a broader transition in oncology from generalized disease classification toward molecular stratification, precision therapeutics, and systems-level characterization of malignant disease. Contemporary cancer vaccination is no longer restricted to the administration of a tumor antigen with the expectation that the host immune system will independently generate sufficient antitumor activity. Instead, modern vaccine development encompasses the coordinated identification of tumor-specific molecular alterations, prediction and validation of immunogenic epitopes, optimization of antigen presentation, engineering of delivery platforms, activation of innate and adaptive immunity, modulation of the tumor microenvironment, enhancement of lymphocyte trafficking and persistence, and integration with immune checkpoint inhibition and other anticancer modalities. The field has consequently become increasingly interdisciplinary, incorporating molecular oncology, cancer genomics, immunology, pharmacology, bioinformatics, computational biology, nanotechnology, systems medicine, and clinical trial science.

The biological rationale for therapeutic cancer vaccination originates from the fundamental capacity of the adaptive immune system to discriminate molecularly abnormal cells from healthy tissues. Malignant transformation generates genetic, epigenetic, transcriptional, and post-translational abnormalities that

© 2026 ISARC Academy

can create antigenic structures recognizable by T lymphocytes. However, the immune system does not automatically eliminate malignant cells despite the presence of these abnormalities. Tumors can evade immune recognition through antigen loss, defective antigen processing, impaired HLA expression, secretion of immunosuppressive mediators, recruitment of regulatory immune populations, metabolic reprogramming, physical exclusion of lymphocytes, and induction of T-cell exhaustion. Consequently, the development of a therapeutically effective cancer vaccine requires substantially more than identifying a tumor-associated antigen. The vaccine must initiate or amplify a sufficiently powerful and durable immune response while simultaneously addressing the biological mechanisms that allow malignant cells to survive immune pressure.

Early cancer-vaccine research predominantly focused on tumor-associated antigens, including differentiation antigens, cancer-testis antigens, overexpressed proteins, viral antigens, gangliosides, and other molecular structures expressed preferentially by malignant tissues. These approaches established important proof-of-principle evidence that cancer cells could be recognized immunologically and that antigen-specific T-cell or antibody responses could be generated. Nevertheless, clinical efficacy was frequently limited because many tumor-associated antigens were not exclusively tumor-specific. Their expression in normal tissues could contribute to immune tolerance and restrict the magnitude of the immune response. In addition, heterogeneous expression within tumors meant that antigen-positive cells could coexist with antigen-negative populations, permitting selective immune escape. These limitations contributed to the gradual emergence of neoantigen-centered approaches.

Neoantigens represent peptides generated from tumor-specific genomic alterations and absent from the normal host genome in their altered form. Their importance derives from the possibility that they have not been subjected to the same degree of central immune tolerance as normal self-antigens. Somatic mutations can generate altered peptide sequences capable of being processed and presented by major histocompatibility complex molecules and recognized by T-cell receptors. The increasing availability of whole-exome sequencing, whole-genome sequencing, RNA sequencing, HLA typing, and computational prediction has made it possible to identify candidate neoantigens on an individual-patient basis. This has transformed cancer vaccination into an increasingly personalized therapeutic discipline in which the antigenic composition of the vaccine can be determined from the molecular characteristics of an individual tumor.

Nevertheless, the identification of a mutation does not establish the existence of a clinically actionable neoantigen. A complex biological sequence must occur between the original DNA alteration and effective T-cell recognition. The mutation must be present in malignant cells, appropriately transcribed, translated into a relevant peptide, processed intracellularly, transported through antigen-presentation pathways, loaded onto an appropriate HLA molecule, displayed at the cell surface, and recognized by a functional T-cell receptor. Furthermore, the corresponding antigen must be sufficiently expressed and accessible within the tumor. These requirements explain why contemporary cancer vaccine research increasingly integrates genomic, transcriptomic, immunopeptidomic, structural, and functional information rather than relying exclusively on DNA sequencing.

The emergence of immunopeptidomics has been particularly important because it provides information about peptides that are actually presented by HLA molecules. Mass-spectrometric analysis of HLA-associated peptides can complement genomic prediction by identifying naturally presented tumor-derived peptides. This approach may reveal antigens that are not easily predicted from conventional coding mutations, including peptides generated from alternative reading frames, aberrant splicing events, gene fusions, noncanonical transcripts, and other unconventional sources. The integration of immunopeptidomics with genomic and transcriptomic data therefore represents an important methodological evolution from theoretical antigen prediction toward experimentally supported antigen validation.

The importance of HLA biology further complicates neoantigen development. T-cell recognition depends on the interaction between peptide, HLA molecule, and T-cell receptor, and HLA genes exhibit extensive genetic polymorphism. A peptide that is efficiently presented in one individual may not be effectively presented in another. This creates a fundamental distinction between shared cancer vaccines

© 2026 ISARC Academy

and individualized vaccines. Shared vaccines must identify antigens capable of presentation across clinically meaningful HLA populations, whereas personalized vaccines can incorporate the patient's specific HLA genotype into antigen-selection algorithms. Consequently, HLA typing represents an essential component of precision cancer-vaccine development.

Tumor heterogeneity represents another fundamental challenge. Malignant tumors contain genetically and phenotypically diverse populations of cells, and individual mutations may be present in all malignant cells or only in selected subclones. A vaccine targeting a subclonal neoantigen may eliminate a fraction of the tumor while leaving antigen-negative populations unaffected. Conversely, a clonal neoantigen may provide broader tumor coverage but may not necessarily be highly immunogenic. This has encouraged the development of antigen-prioritization systems incorporating clonality, gene expression, HLA presentation, predicted immunogenicity, tumor specificity, evolutionary stability, and functional significance. The objective is increasingly to identify high-quality neoantigens rather than simply the largest possible number of mutations.

Tumor evolution introduces an additional dimension to vaccine development. Malignant populations continuously evolve under selective pressures imposed by the immune system, chemotherapy, targeted therapy, radiation, and the tumor microenvironment. Immune pressure generated by vaccination may favor the expansion of tumor cells that have lost targeted antigens or acquired defects in antigen-processing pathways. This phenomenon creates the possibility of immune escape and therapeutic resistance. Multivalent vaccines targeting several independent neoantigens may reduce this risk by increasing the evolutionary complexity required for the tumor to escape immune recognition. Particularly attractive targets may include molecular alterations associated with essential oncogenic functions, because loss of such alterations may impose a fitness disadvantage on malignant cells.

The development of multiepitope vaccines has therefore become a central feature of contemporary cancer immunotherapy. Rather than targeting a single antigen, modern platforms can encode multiple tumor-specific epitopes within a single therapeutic formulation. This strategy can broaden the T-cell repertoire, reduce dependence on one antigenic determinant, address intratumoral heterogeneity, and potentially facilitate epitope spreading. Nevertheless, increasing antigen number does not automatically guarantee increased efficacy. Immunodominance, differential HLA presentation, competition between epitopes, unequal expression, and manufacturing constraints can influence the resulting immune response. Rational antigen composition is therefore more important than indiscriminate antigen accumulation.

The development of mRNA technology has accelerated the transformation of cancer vaccine science. Messenger RNA can encode multiple tumor antigens within a programmable molecular construct, enabling rapid adaptation to individualized neoantigen profiles. Advances in RNA synthesis, purification, sequence optimization, formulation, and lipid nanoparticle delivery have created an increasingly sophisticated technological platform for therapeutic vaccination. Unlike conventional protein or peptide vaccines, mRNA-based systems can direct endogenous antigen production within host cells, potentially promoting intracellular antigen processing and presentation through pathways relevant to cytotoxic T-cell activation. RNA platforms may also contribute innate immune stimulation, although excessive innate sensing can interfere with translation and therefore requires careful formulation and dose optimization.

The importance of mRNA technology extends beyond the molecular properties of RNA itself. Its greatest translational significance lies in programmability. A standardized manufacturing platform can theoretically produce different therapeutic sequences for different patients while preserving core production processes. This feature makes mRNA particularly compatible with personalized oncology, where vaccine composition may need to be generated rapidly after tumor sequencing. However, individualized mRNA vaccination still requires substantial infrastructure, including tissue acquisition, molecular profiling, computational antigen selection, construct design, manufacturing, quality control, and clinical delivery. Consequently, the success of the technology depends on both biological performance and manufacturing efficiency.

© 2026 ISARC Academy

Other vaccine platforms remain scientifically relevant. Synthetic long peptides can provide defined antigenic sequences while allowing endogenous processing and presentation through multiple HLA pathways. DNA-based vaccines offer stability and manufacturing advantages but require efficient cellular delivery and transcription. Dendritic-cell vaccines directly exploit the central role of professional antigen-presenting cells in T-cell priming. Viral vectors can provide strong immunostimulatory signals and efficient antigen expression but may be constrained by pre-existing immunity and vector-associated limitations. Whole-cell and lysate-based approaches offer broad antigenic exposure but less molecular precision. The contemporary field therefore represents a heterogeneous technological ecosystem rather than a single dominant platform.

Dendritic cells occupy a particularly important biological position in cancer vaccination because they connect antigen acquisition with adaptive immune activation. Effective dendritic-cell maturation is required for appropriate antigen presentation, costimulation, cytokine production, and T-cell priming. Tumors, however, can interfere with dendritic-cell maturation and function through suppressive cytokines, metabolic alterations, and inhibitory signaling. Modern vaccine strategies consequently seek not only to deliver tumor antigens but also to generate an appropriate inflammatory context capable of promoting effective antigen presentation.

This requirement introduces the concept of adjuvant engineering. Antigen exposure in the absence of appropriate danger or inflammatory signals may produce weak, transient, or even tolerogenic responses. Modern cancer vaccines therefore incorporate strategies intended to activate innate immune pathways, promote dendritic-cell maturation, increase costimulatory signaling, and facilitate T-cell priming. The challenge is to achieve sufficient immune activation without generating excessive systemic inflammation or reducing antigen-expression efficiency. Vaccine design consequently involves an increasingly sophisticated balance between innate stimulation and adaptive antigen production.

The tumor microenvironment represents one of the most important determinants of vaccine efficacy. Malignant tissues contain complex populations of tumor cells, immune cells, stromal cells, endothelial cells, extracellular matrix components, and signaling molecules. Tumor-associated macrophages, regulatory T cells, myeloid-derived suppressor cells, cancer-associated fibroblasts, and suppressive cytokines can inhibit T-cell activation and persistence. Hypoxia, abnormal vascularization, nutrient deprivation, extracellular adenosine, and altered amino-acid metabolism can further impair lymphocyte function. These mechanisms explain why a strong vaccine-induced immune response in peripheral blood does not necessarily translate into effective tumor destruction.

Consequently, the contemporary concept of cancer vaccination increasingly incorporates tumor-microenvironment modulation. The objective is to create a local biological environment in which vaccine-generated T cells can reach malignant tissue, remain functional, recognize target cells, and maintain cytotoxic activity. Strategies under investigation include immune checkpoint blockade, myeloid-cell modulation, metabolic intervention, vascular normalization, cytokine manipulation, stromal remodeling, and approaches that increase antigen release or presentation. Cancer vaccines may therefore function not simply as antigen-delivery systems but as components of broader immune-ecosystem engineering.

The interaction between therapeutic cancer vaccines and immune checkpoint inhibitors is particularly important. Programmed cell death protein 1, programmed death-ligand 1, cytotoxic T-lymphocyte-associated antigen 4, and related inhibitory pathways can suppress activated T cells within tumors. Vaccination can increase the number and diversity of tumor-reactive lymphocytes, while checkpoint inhibition can reduce inhibitory signaling and preserve their functional capacity. This provides a rational biological basis for combination therapy. Contemporary clinical development has increasingly explored individualized vaccination together with checkpoint blockade, particularly in melanoma and other immunologically responsive malignancies.

The importance of combination therapy also reflects the multifactorial nature of immune resistance. A tumor may possess adequate antigenicity but insufficient T-cell infiltration, or adequate infiltration but profound exhaustion, or abundant immune cells but deficient antigen presentation. Consequently, no

© 2026 ISARC Academy

single intervention is likely to overcome all mechanisms of resistance. Future precision immunotherapy will therefore require identification of the dominant biological bottleneck in each patient and selection of a combination strategy capable of addressing that bottleneck.

Disease stage is similarly important. Therapeutic vaccines may be biologically disadvantaged when administered to patients with extensive metastatic disease, high tumor burden, profound immune dysfunction, multiple previous therapies, and highly heterogeneous malignant populations. In contrast, patients with minimal residual disease after surgical resection or cytoreductive treatment may represent a more favorable population. In such patients, vaccination does not need to eliminate a large established tumor mass but may instead eradicate microscopic residual malignant populations and establish long-term immune surveillance.

This has contributed to increasing interest in adjuvant, neoadjuvant, and minimal-residual-disease settings. Molecular detection of residual disease through circulating tumor DNA may provide an opportunity to identify patients at high risk of recurrence before radiographic progression. Personalized vaccination could potentially be administered during this window, when malignant burden is limited and the immune system may be better positioned to achieve durable control. Such an approach represents a transition from treatment of visible disease toward molecularly guided recurrence prevention.

The concept of minimal residual disease also changes the interpretation of therapeutic efficacy. In advanced cancer, tumor shrinkage is a readily observable endpoint, whereas in MRD settings the relevant objective is prevention of recurrence. Consequently, recurrence-free survival, event-free survival, molecular clearance, and long-term immune memory become particularly important. This requires clinical trials specifically designed to evaluate preventive rather than merely cytoreductive therapeutic effects.

Another major development is the emergence of shared mutation-specific vaccines. Fully individualized vaccines provide maximum molecular specificity but require individualized manufacturing. Shared vaccines directed against recurrent driver mutations may offer an intermediate strategy. Mutations affecting KRAS and other oncogenic pathways are particularly attractive because they occur across multiple tumor types and can potentially be targeted in molecularly defined patient populations. Such approaches may shorten production timelines while preserving a significant degree of tumor specificity.

The distinction between universal, shared, and individualized vaccines is therefore becoming increasingly important. Universal vaccines offer the greatest scalability but often face challenges related to immune tolerance and heterogeneous antigen expression. Shared vaccines provide greater molecular specificity but apply only to patients possessing particular mutations and HLA contexts. Individualized vaccines provide maximal personalization but involve the greatest logistical complexity. Future oncology is likely to use all three categories according to tumor biology, disease prevalence, manufacturing feasibility, and clinical context.

Artificial intelligence and machine learning are becoming increasingly important in this environment. Neoantigen selection involves multiple interacting variables that are difficult to evaluate manually. Computational models can integrate mutation characteristics, transcriptomic expression, HLA-binding affinity, antigen-processing probability, clonality, structural properties, and previous immunogenicity data. The resulting systems can rank candidate antigens and reduce the number of peptides requiring experimental validation.

However, computational prediction cannot replace experimental biology. Algorithms can produce false-positive neoantigens, particularly when predictions are based primarily on HLA-binding affinity. A peptide may bind HLA strongly but fail to be naturally processed, presented, or recognized by T cells. Future computational systems must therefore be trained and validated using experimentally derived immunopeptidomic and T-cell datasets. The most effective model will likely be an iterative computational-experimental framework in which laboratory observations continuously refine predictive algorithms.

© 2026 ISARC Academy

Single-cell technologies are similarly transforming understanding of vaccine-induced immunity. Bulk sequencing provides averaged information across heterogeneous cell populations, whereas single-cell RNA sequencing and T-cell receptor sequencing can characterize individual immune-cell states and clonal populations. These technologies can identify expansion of specific vaccine-responsive T-cell clones, distinguish effector from exhausted populations, and reveal changes in myeloid or stromal compartments.

Spatial transcriptomics and multiplex imaging provide an additional layer by establishing the anatomical context of these immune populations. A vaccine-responsive T-cell clone may be present in circulation but fail to enter the tumor. Alternatively, it may enter the tumor but remain spatially separated from malignant cells by stromal barriers. Understanding these spatial relationships is essential for determining whether vaccination produces biologically meaningful intratumoral immunity.

These technologies support a transition from conventional immune monitoring toward **systems** immunology. Vaccine response should increasingly be evaluated as a network of interacting molecular, cellular, spatial, and clinical changes rather than as a single measurement of circulating T-cell frequency. Such multidimensional profiling may identify mechanisms of response and resistance that are invisible to conventional clinical assessment.

The durability of immune memory is another central consideration. The ultimate objective of therapeutic vaccination is not simply to generate a transient effector response but to establish persistent immunological surveillance. Memory T cells can remain capable of rapid activation following renewed exposure to tumor-associated antigens. This is particularly relevant to adjuvant treatment because malignant cells may remain dormant for prolonged periods before initiating recurrence. A durable vaccine-induced memory compartment could therefore provide continuous surveillance against emerging malignant clones.

Epitope spreading may further contribute to this process. Initial vaccine-induced tumor destruction can release additional antigens that are subsequently processed and presented, allowing the immune response to expand beyond the original vaccine repertoire. This mechanism may provide an endogenous amplification pathway and could partially compensate for incomplete initial antigen selection.

The possibility of epitope spreading is particularly important in heterogeneous tumors. A vaccine need not necessarily contain every clinically relevant antigen if it can initiate sufficient tumor destruction to expose additional antigenic determinants. This suggests that successful vaccine design should prioritize antigens capable of initiating robust tumor-cell killing while preserving the possibility of secondary immune diversification.

The development of in situ vaccination represents another extension of this concept. Instead of identifying every relevant antigen before treatment, in situ approaches attempt to stimulate the tumor itself to become a source of antigen and immune activation. Such strategies may expose the immune system to a broader antigenic repertoire and potentially reduce the manufacturing burden associated with fully individualized vaccines. However, successful in situ vaccination requires effective local antigen presentation and an appropriately permissive tumor microenvironment.

Cancer interception represents an even broader future direction. Molecular surveillance technologies can increasingly identify premalignant lesions, high-risk molecular alterations, or residual malignant populations before clinically obvious disease develops. If immunogenic targets can be identified during these early stages, vaccination could potentially establish immune surveillance before extensive tumor evolution and immune suppression occur. Although this application remains investigational, it illustrates the broader trajectory of cancer vaccination from treatment toward prevention.

The pharmacological dimensions of cancer vaccination are equally important. Vaccine efficacy depends on dose, formulation, delivery, tissue distribution, cellular uptake, antigen expression, innate immune activation, and duration of biological activity. Combination with other anticancer agents introduces additional pharmacodynamic interactions. Chemotherapy may reduce tumor burden and promote antigen release while simultaneously causing lymphocyte depletion. Radiotherapy may stimulate

© 2026 ISARC Academy

immunogenic cell death while modifying local inflammatory pathways. Targeted therapy may reduce oncogenic signaling and alter antigen expression. Checkpoint inhibitors may increase the functional capacity of vaccine-induced T cells while also increasing immune-mediated toxicity.

Therefore, cancer vaccines should be evaluated within a clinical-pharmacological framework that integrates therapeutic benefit, immune pharmacodynamics, toxicity, treatment sequencing, and combination effects. The concept of therapeutic index is highly relevant: the ideal intervention should maximize tumor-specific immunity while minimizing systemic immune activation and normal-tissue damage.

Manufacturing and regulatory infrastructure constitute another critical background component. Fully personalized vaccines require rapid movement from biopsy to sequencing, computational antigen selection, production, quality control, and clinical administration. Delays may compromise therapeutic relevance, particularly in aggressive malignancies. Standardization, automation, modular manufacturing, validated computational pipelines, and rapid release procedures are therefore necessary for broader clinical implementation.

The future may involve a hybrid manufacturing model in which recurrent shared neoantigens are produced in advance while individualized formulations are generated only when necessary. Such an architecture could improve scalability and reduce treatment delays without abandoning precision medicine. The development of standardized manufacturing platforms will therefore be as important to the clinical future of cancer vaccination as the discovery of new immunological mechanisms.

Safety remains fundamental. The theoretical tumor specificity of neoantigens does not eliminate the possibility of molecular mimicry, cross-reactivity, inaccurate computational prediction, or unexpected presentation in normal tissues. Comprehensive preclinical and clinical evaluation must therefore assess potential similarity between vaccine-derived peptides and normal human proteins, HLA-dependent presentation patterns, and functional T-cell cross-reactivity. The increasing precision of vaccine design should ultimately improve the therapeutic index, but this advantage depends on rigorous validation.

The overall background of modern cancer vaccine science consequently reflects a convergence of several major scientific transitions. Oncology has moved from histological classification toward molecular characterization; immunology has moved from generalized immune activation toward antigen-specific cellular engineering; cancer genomics has moved from mutation cataloguing toward functional antigen identification; pharmaceutical science has moved toward programmable delivery systems; and clinical oncology has moved toward biomarker-driven combination therapy and molecular surveillance.

Within this broader transformation, the concept of a cancer vaccine is being redefined. The contemporary vaccine is increasingly understood as a therapeutic platform capable of incorporating patient-specific molecular information, computational antigen prioritization, engineered delivery, immunological adjuvanticity, tumor-microenvironment modulation, and longitudinal biomarker monitoring. Its therapeutic purpose extends beyond generating an immune response toward establishing a durable, specific, adaptable, and clinically meaningful antitumor state.

The scientific significance of this transition lies in its potential to connect the molecular individuality of cancer with the biological adaptability of the immune system. Tumors are not static targets; they evolve continuously. A therapeutic platform capable of identifying tumor-specific alterations, generating targeted immunity, monitoring tumor evolution, and potentially updating its antigenic composition offers a fundamentally different therapeutic architecture from conventional fixed regimens. The ultimate objective is therefore an adaptive precision-immunotherapy system in which molecular information guides vaccine design, immunological measurements guide treatment optimization, and tumor evolution informs subsequent therapeutic modification.

The current state of the field should nevertheless be interpreted with scientific caution. Strong immunogenicity does not automatically establish clinical efficacy, and promising early-phase studies must be followed by adequately powered randomized trials. The heterogeneity of vaccine platforms,

© 2026 ISARC Academy

tumor types, patient populations, antigen-selection algorithms, treatment schedules, and clinical endpoints complicates cross-study comparison. Standardization of manufacturing, biomarker assessment, immune monitoring, and clinical outcome definitions will be essential for determining which approaches provide reproducible patient benefit.

The background therefore establishes a scientific rationale for viewing cancer vaccine research as a rapidly evolving component of precision oncology rather than an isolated therapeutic discipline. Neoantigen engineering provides specificity; immunopeptidomics improves antigen validation; artificial intelligence enhances computational prioritization; mRNA and nanotechnology provide programmable delivery; immune checkpoint inhibition supports functional T-cell activity; tumor-microenvironment modulation improves local immunological permissiveness; single-cell and spatial technologies provide mechanistic resolution; circulating tumor DNA enables molecular disease monitoring; and adaptive clinical strategies connect these molecular and immunological processes to long-term outcomes.

The convergence of these developments establishes the intellectual foundation for a future in which cancer vaccines may become increasingly individualized, multimodal, biomarker-guided, and evolutionarily adaptive. The central scientific challenge is no longer simply whether malignant cells can be recognized by the immune system. It is whether this recognition can be deliberately engineered into a durable therapeutic process capable of overcoming heterogeneity, immune suppression, antigen escape, and tumor evolution. The answer to this question will determine the ultimate clinical significance of the current reconfiguration of cancer vaccine science and its potential contribution to future-oriented oncological innovation.

The evolving landscape of oncology has increasingly emphasized immunologically driven interventions, among which anticancer vaccines represent a promising and transformative modality. This article provides a comprehensive and integrative analysis of contemporary perspectives on anticancer vaccines, with particular focus on innovative design strategies, underlying immunological mechanisms, translational applications, and their clinical implications. Anticancer vaccines, encompassing both prophylactic and therapeutic platforms, are designed to stimulate tumor-specific immune responses through the presentation of tumor-associated antigens (TAAs) or tumor-specific neoantigens. Advances in molecular biology, genomics, and bioinformatics have facilitated the identification of highly immunogenic targets, thereby enhancing the specificity and efficacy of vaccine-induced immune activation. Mechanistically, anticancer vaccines engage both innate and adaptive immune systems, promoting antigen presentation via dendritic cells and subsequent activation of cytotoxic T lymphocytes, helper T cells, and memory immune responses. The incorporation of novel adjuvants, delivery systems such as nanoparticle-based carriers, and mRNA-based platforms has significantly improved immunogenicity, stability, and targeted delivery. These innovations have been further supported by insights into tumor immunoediting, immune evasion pathways, and the modulation of the tumor microenvironment, all of which are critical determinants of vaccine responsiveness. From a translational perspective, the integration of anticancer vaccines into clinical practice has demonstrated variable but increasingly encouraging outcomes across multiple malignancies, including melanoma, prostate cancer, and hematological cancers. The development of personalized cancer vaccines, tailored to individual patient tumor mutational profiles, represents a paradigm shift toward precision oncology. Such approaches leverage next-generation sequencing and computational prediction models to design patient-specific neoantigen vaccines, thereby enhancing therapeutic specificity and minimizing off-target effects. Clinical implications of anticancer vaccines are closely linked to their combinatorial potential with other therapeutic modalities, including immune checkpoint inhibitors, chemotherapy, radiotherapy, and targeted therapies. Synergistic interactions have been observed, particularly in overcoming immune suppression and enhancing tumor immunogenicity. However, several challenges persist, including heterogeneity of tumor antigens, limited immunogenicity in certain tumor types, logistical complexities in personalized vaccine production, and the need for robust biomarkers to predict response and monitor therapeutic efficacy. Emerging insights into systems immunology, artificial intelligence-driven antigen discovery, and the role of the microbiome in modulating immune responses are expected to further refine

© 2026 ISARC Academy

vaccine design and therapeutic optimization. Additionally, ongoing clinical trials continue to provide critical evidence regarding safety, efficacy, dosing strategies, and long-term outcomes. Regulatory considerations, cost-effectiveness, and accessibility also remain essential factors influencing the widespread adoption of anticancer vaccines. The anticancer vaccines constitute a rapidly advancing frontier in oncology, characterized by significant scientific innovation and translational potential. The convergence of immunology, genomics, and biotechnology has enabled the development of increasingly sophisticated and personalized therapeutic strategies. While challenges remain, continued research and interdisciplinary collaboration are expected to enhance the clinical utility of anticancer vaccines, ultimately contributing to improved patient outcomes and the advancement of precision medicine in cancer care.

The global burden of cancer continues to represent one of the most formidable challenges to modern healthcare systems, necessitating the development of innovative, precise, and patient-centered therapeutic strategies. In recent decades, the paradigm of oncology has undergone a profound transformation, shifting from conventional cytotoxic approaches toward immunologically mediated interventions that harness the intrinsic capacity of the immune system to recognize and eliminate malignant cells. Among these approaches, anticancer vaccines have emerged as a highly promising and rapidly evolving domain within cancer immunotherapy, offering novel opportunities for both prevention and treatment across a wide spectrum of malignancies (Finn, 2018; Sahin & Türeci, 2018).

Anticancer vaccines are designed to stimulate tumor-specific immune responses through the targeted delivery of tumor-associated antigens or tumor-specific neoantigens, thereby facilitating the activation of adaptive immune mechanisms, particularly cytotoxic T lymphocytes. Unlike traditional vaccines aimed at infectious diseases, therapeutic cancer vaccines must overcome complex immunological barriers, including central and peripheral tolerance, tumor-induced immunosuppression, and antigenic heterogeneity. These challenges underscore the necessity for sophisticated vaccine design strategies that integrate advances in molecular oncology, immunogenetics, and systems biology (Melief et al., 2015; Ott et al., 2017).

Recent technological advancements have significantly accelerated the development of next-generation anticancer vaccines. The advent of high-throughput genomic sequencing and bioinformatics tools has enabled the identification of patient-specific neoantigens, facilitating the emergence of personalized vaccine platforms tailored to individual tumor mutational landscapes. Such precision-based approaches have demonstrated the capacity to elicit robust and durable immune responses, thereby marking a critical shift toward individualized oncology care (Sahin et al., 2017; Hilf et al., 2019). In parallel, the development of innovative delivery systems, including lipid nanoparticles and viral vectors, has enhanced antigen stability, cellular uptake, and immunogenicity, further improving therapeutic efficacy (Pardi et al., 2018).

Mechanistically, anticancer vaccines operate through a coordinated activation of innate and adaptive immune responses. Following antigen presentation by professional antigen-presenting cells, particularly dendritic cells, there is subsequent priming and expansion of antigen-specific T cells, leading to targeted tumor cell destruction. However, the tumor microenvironment plays a critical modulatory role in determining vaccine efficacy, often exerting immunosuppressive effects through regulatory T cells, myeloid-derived suppressor cells, and inhibitory cytokines. Consequently, overcoming these immunosuppressive networks has become a focal point of contemporary research, with combination strategies incorporating immune checkpoint inhibitors demonstrating significant therapeutic synergy (Chen & Mellman, 2017; Sharma & Allison, 2015).

From a clinical perspective, anticancer vaccines have demonstrated varying degrees of success across different cancer types, with notable advances observed in melanoma, prostate cancer, and certain hematologic malignancies. The integration of vaccine-based approaches with established therapeutic modalities, including chemotherapy, radiotherapy, and targeted therapies, has further expanded their clinical applicability. Importantly, these combinatorial strategies aim not only to enhance antitumor efficacy but also to mitigate treatment-related toxicity and improve overall patient outcomes (Butterfield, 2015; Palucka & Banchereau, 2013).

© 2026 ISARC Academy

Despite these advancements, several limitations continue to hinder the widespread clinical implementation of anticancer vaccines. These include challenges related to antigen selection, variability in patient immune responsiveness, logistical complexities associated with personalized vaccine production, and the absence of reliable predictive biomarkers. Furthermore, regulatory, economic, and ethical considerations must be carefully addressed to ensure equitable access and sustainable integration into healthcare systems (Guo et al., 2013; Slingluff, 2011).

In light of these considerations, the present study aims to provide a comprehensive and critical examination of the perspectives on anticancer vaccines, encompassing innovative strategies, immunological mechanisms, translational applications, and clinical implications. By synthesizing current evidence and emerging insights, this work seeks to contribute to the advancement of therapeutic optimization and the development of personalized approaches in oncology.

The continued evolution of anticancer vaccine research reflects a convergence of multiple scientific disciplines, including immunology, genomics, bioengineering, and computational biology, each contributing to the refinement of vaccine efficacy and specificity. A central advancement in this domain has been the deeper understanding of antigen selection, which remains a critical determinant of successful immune activation. Tumor-associated antigens, while historically utilized, often present limitations due to their expression in normal tissues and the resulting risk of immune tolerance. In contrast, tumor-specific neoantigens derived from somatic mutations offer a more precise and immunogenic target profile, as they are uniquely expressed by malignant cells and are less likely to induce central tolerance mechanisms (Schumacher & Schreiber, 2015; Yarchoan et al., 2017). The identification and validation of such neoantigens through next-generation sequencing and epitope prediction algorithms have significantly enhanced the feasibility of developing personalized cancer vaccines.

In parallel, advances in epitope mapping and immunopeptidomics have enabled more accurate characterization of antigen presentation via major histocompatibility complex molecules. This has facilitated the design of multi-epitope vaccines capable of eliciting broad and polyclonal T-cell responses, thereby reducing the likelihood of tumor immune escape. The incorporation of both CD8+ cytotoxic T lymphocyte epitopes and CD4+ helper T-cell epitopes is increasingly recognized as essential for generating durable and effective antitumor immunity, as helper T cells play a pivotal role in sustaining cytotoxic responses and promoting immunological memory (Kreiter et al., 2015; Ott et al., 2020).

The role of vaccine platforms has also undergone substantial transformation, with multiple technological modalities being explored and optimized. Peptide-based vaccines, although relatively simple and safe, often suffer from limited immunogenicity and rapid degradation. To address these limitations, nucleic acid-based vaccines, particularly mRNA vaccines, have gained significant attention due to their capacity for rapid production, scalability, and potent immunostimulatory properties. mRNA vaccines enable in situ antigen production, mimicking endogenous antigen expression and facilitating efficient antigen presentation via both MHC class I and II pathways (Pardi et al., 2018; Sahin et al., 2014). The success of mRNA vaccine technology in infectious disease contexts has further accelerated its application in oncology, where it is being adapted for individualized cancer immunotherapy.

Additionally, dendritic cell-based vaccines represent a sophisticated approach that directly exploits the antigen-presenting capabilities of these professional immune cells. In this strategy, autologous dendritic cells are isolated from the patient, loaded with tumor antigens ex vivo, and subsequently reintroduced to stimulate a targeted immune response. While this approach has demonstrated clinical efficacy in certain settings, such as prostate cancer, it is associated with logistical and economic challenges that may limit its widespread application (Palucka & Banchereau, 2013; Anguille et al., 2014).

Another critical dimension in the advancement of anticancer vaccines is the development of effective adjuvants and delivery systems. Adjuvants play a fundamental role in enhancing immune responses by activating innate immune pathways and promoting antigen presentation. Toll-like receptor agonists, cytokines, and novel synthetic compounds have been investigated as adjuvants to improve vaccine

© 2026 ISARC Academy

immunogenicity. Simultaneously, delivery systems such as lipid nanoparticles, polymer-based carriers, and viral vectors have been engineered to protect antigens from degradation, facilitate targeted delivery to antigen-presenting cells, and optimize the kinetics of antigen release (Irvine et al., 2020; Lynn et al., 2020).

The tumor microenvironment remains a major barrier to effective vaccine-induced immunity. Tumors often establish an immunosuppressive milieu characterized by the presence of regulatory T cells, myeloid-derived suppressor cells, tumor-associated macrophages, and inhibitory cytokines such as transforming growth factor-beta and interleukin-10. These factors collectively inhibit T-cell activation and promote immune evasion. Consequently, strategies aimed at modulating the tumor microenvironment have become integral to enhancing vaccine efficacy. Approaches such as checkpoint blockade therapy, which targets inhibitory receptors like PD-1 and CTLA-4, have demonstrated the capacity to reverse T-cell exhaustion and restore antitumor immunity, particularly when used in combination with anticancer vaccines (Chen & Mellman, 2017; Sharma & Allison, 2015).

Furthermore, metabolic reprogramming within the tumor microenvironment has emerged as a significant factor influencing immune responses. Tumor cells often exhibit altered metabolic pathways, such as increased glycolysis and lactate production, which can suppress immune cell function. Targeting these metabolic pathways represents a novel avenue for improving vaccine responsiveness, as restoring metabolic balance may enhance T-cell proliferation and effector function (Chang et al., 2015; Buck et al., 2017).

The integration of artificial intelligence and machine learning into anticancer vaccine development has introduced new dimensions of precision and efficiency. These technologies are being utilized to predict immunogenic epitopes, optimize vaccine design, and identify biomarkers of response. Machine learning algorithms can analyze large-scale genomic and proteomic datasets to uncover patterns and associations that may not be readily apparent through traditional analytical methods. This data-driven approach has the potential to accelerate the development of personalized vaccines and improve clinical outcomes (Esteva et al., 2019; Topol, 2019).

In the context of translational research, bridging the gap between preclinical findings and clinical application remains a critical challenge. While numerous vaccine candidates have demonstrated promising results in animal models, their translation into effective human therapies has been inconsistent. This discrepancy underscores the need for more predictive preclinical models, including humanized mouse models and organoid systems, which more accurately recapitulate human tumor biology and immune responses (Day et al., 2015; Vlachogiannis et al., 2018).

Clinical trial design in the field of anticancer vaccines is also evolving to accommodate the unique characteristics of immunotherapy. Traditional endpoints such as tumor shrinkage may not fully capture the therapeutic benefits of vaccines, which often induce delayed but durable responses. As a result, alternative endpoints, including progression-free survival, overall survival, and immune-related response criteria, are being increasingly utilized. Additionally, adaptive trial designs and biomarker-driven patient stratification are being implemented to enhance trial efficiency and success rates (Hoos et al., 2010; Wolchok et al., 2009).

Safety considerations are paramount in the development of anticancer vaccines, particularly given the potential for immune-related adverse events. While vaccines are generally well tolerated, excessive or dysregulated immune activation can lead to autoimmune phenomena and inflammatory toxicities. Therefore, careful monitoring and management of immune-related adverse events are essential components of clinical implementation. Pharmacovigilance systems and post-marketing surveillance play a critical role in ensuring long-term safety and efficacy (Postow et al., 2018).

Another emerging area of interest is the role of the human microbiome in modulating immune responses to anticancer vaccines. The composition and diversity of the gut microbiota have been shown to influence systemic immunity and may impact the effectiveness of immunotherapies, including vaccines. Modulation of the microbiome through dietary interventions, probiotics, or fecal microbiota

© 2026 ISARC Academy

transplantation represents a novel strategy for enhancing therapeutic outcomes (Gopalakrishnan et al., 2018; Routy et al., 2018).

The economic and logistical aspects of anticancer vaccine development and deployment must also be considered. Personalized vaccines, while highly promising, involve complex manufacturing processes that require advanced infrastructure, stringent quality control, and significant financial investment. Ensuring cost-effectiveness and accessibility, particularly in low- and middle-income countries, is a critical challenge that must be addressed through policy development, public-private partnerships, and global collaboration (Dranitsaris et al., 2017).

Regulatory frameworks are evolving in response to the unique characteristics of anticancer vaccines, particularly those involving personalized and gene-based approaches. Regulatory agencies are tasked with balancing the need for rigorous safety and efficacy evaluation with the imperative to expedite the availability of innovative therapies. Adaptive regulatory pathways, including accelerated approval and conditional licensing, are being increasingly utilized to facilitate timely access to promising treatments while maintaining high standards of patient safety (Marks & Gottlieb, 2018).

Ethical considerations also play a significant role in the advancement of anticancer vaccines. Issues related to patient consent, data privacy, equitable access, and the use of genetic information must be carefully addressed. The integration of ethical frameworks into research and clinical practice is essential to ensure that the benefits of these advanced therapies are realized in a socially responsible and equitable manner (Meslin et al., 2013).

Looking toward the future, the field of anticancer vaccines is poised for continued growth and innovation. The integration of multi-omics data, including genomics, transcriptomics, proteomics, and metabolomics, will provide a more comprehensive understanding of tumor biology and immune interactions. This systems-level approach is expected to inform the development of next-generation vaccines that are more precise, effective, and adaptable to individual patient profiles.

In addition, the concept of combination immunotherapy is likely to remain a central focus of research and clinical practice. The strategic integration of anticancer vaccines with other immunomodulatory agents, targeted therapies, and conventional treatments holds the potential to overcome resistance mechanisms and achieve synergistic therapeutic effects. Ongoing clinical trials will continue to elucidate optimal combination strategies, dosing regimens, and sequencing approaches.

The successful implementation of anticancer vaccines in clinical oncology will depend on a multidisciplinary effort involving researchers, clinicians, regulatory authorities, and policymakers. Continued investment in research, infrastructure, and education will be essential to translate scientific discoveries into tangible clinical benefits. As the field advances, anticancer vaccines are expected to play an increasingly prominent role in the management of cancer, contributing to improved survival rates, enhanced quality of life, and the realization of personalized medicine in oncology.

Advancements in cancer immunology have significantly expanded the understanding of tumor-host interactions, establishing the immunological basis for anticancer vaccines as a cornerstone of precision oncology (Schumacher & Schreiber, 2015). While conventional therapies such as surgery, chemotherapy, and radiotherapy primarily target bulk tumor mass, their efficacy is often limited by systemic toxicity, tumor heterogeneity, and immune evasion strategies employed by malignant cells (Gajewski et al., 2013). Consequently, the field has increasingly turned toward therapeutic vaccines that can specifically harness and modulate the adaptive immune system to recognize and eliminate tumor cells expressing defined antigens, including tumor-associated antigens (TAAs) and neoantigens derived from somatic mutations (Ott et al., 2017; Keskin et al., 2019).

The conceptual framework of anticancer vaccines is grounded in the principles of immunogenicity and specificity. Effective vaccines must not only present tumor antigens in an immunologically recognizable format but also overcome intrinsic immune suppression within the tumor microenvironment (TME) (Palucka & Banchereau, 2013). Dendritic cells (DCs), as professional antigen-presenting cells, are central to vaccine-mediated immune activation, orchestrating both CD8+ cytotoxic T lymphocyte (CTL)

© 2026 ISARC Academy

responses and CD4+ helper T-cell differentiation (Nestle et al., 1998; Butterfield, 2015). Recent innovations in vaccine platforms, including mRNA-based constructs, viral vectors, peptide formulations, and nanoparticle delivery systems, have facilitated efficient antigen delivery, robust T-cell priming, and durable immunological memory (Sahin et al., 2020; Pardi et al., 2018; Verbeke et al., 2021).

Neoantigen-based vaccines, in particular, have emerged as highly personalized strategies capable of eliciting potent and tumor-specific T-cell responses. By targeting patient-specific mutations that generate unique peptide sequences presented on major histocompatibility complex (MHC) molecules, these vaccines minimize off-target immune reactions while addressing inter- and intra-tumoral heterogeneity (Yadav et al., 2014; Wu et al., 2025). The integration of next-generation sequencing, computational immunopeptidomics, and artificial intelligence-driven neoantigen prediction has accelerated the identification and validation of clinically actionable targets (Rossetti et al., 2025; Singhal et al., 2025). Consequently, neoantigen vaccines are no longer theoretical constructs but have demonstrated immunogenicity and preliminary clinical efficacy in melanoma, glioblastoma, non-small cell lung cancer (NSCLC), and pancreatic malignancies (Ott et al., 2017; Keskin et al., 2019; Zeng et al., 2020).

Moreover, the combinatorial use of anticancer vaccines with immune checkpoint inhibitors, such as PD-1/PD-L1 and CTLA-4 blockade, has revealed synergistic effects, amplifying T-cell expansion, enhancing intratumoral infiltration, and prolonging progression-free survival (Gajewski et al., 2013; Kalbasi & Ribas, 2020). These findings underscore the importance of integrating vaccines into multifaceted therapeutic regimens that simultaneously address immunosuppressive mechanisms, antigen presentation deficiencies, and the metabolic constraints of the TME (Leone et al., 2018; Patel et al., 2025). Preclinical studies suggest that combining vaccines with modulators of regulatory T cells (Tregs), myeloid-derived suppressor cells (MDSCs), or metabolic checkpoints can further optimize the antitumor response (Ghiringhelli et al., 2007; Taylor & Noushmehr, 2020).

Recent research has also highlighted the relevance of epitope breadth and polyfunctionality in vaccine design. Vaccines targeting multiple epitopes have demonstrated superior induction of CTL responses, greater resilience against tumor immune escape, and enhanced memory formation (Bijker et al., 2007; Butterfield et al., 2008). The inclusion of both CD8+ and CD4+ epitopes facilitates a comprehensive immune engagement, where helper T-cell support is essential for sustained cytotoxicity and long-term surveillance (Palucka & Banchereau, 2013). Additionally, the application of novel adjuvants capable of activating toll-like receptors (TLRs) or stimulator of interferon genes (STING) pathways has amplified innate immune sensing, further augmenting the magnitude and durability of adaptive responses (Coffman et al., 2010; Corrales et al., 2015).

Technological innovations have also addressed historical challenges associated with vaccine delivery and stability. Lipid nanoparticles (LNPs) and polymeric micelles facilitate efficient cytoplasmic delivery of mRNA vaccines, protect antigens from enzymatic degradation, and enable controlled release, thereby optimizing DC activation and T-cell priming (Hou et al., 2021; Zeng et al., 2020). Microneedle arrays and intradermal delivery systems have emerged as minimally invasive methods that leverage the high density of skin-resident antigen-presenting cells, enhancing vaccine uptake and patient compliance (Miyazaki et al., 2025). Furthermore, artificial antigen-presenting cell (aAPC) nanoparticles offer customizable platforms for in situ T-cell stimulation, presenting a versatile avenue for personalized immunotherapy (Tsai et al., 2018; Hernandez et al., 2024).

Despite these advancements, significant challenges persist. Tumor heterogeneity, antigenic evolution, and immune editing can diminish vaccine efficacy, necessitating adaptive approaches that incorporate longitudinal immune monitoring and iterative vaccine redesign (Taylor & Noushmehr, 2020; Stubbington et al., 2017). Biomarker-driven strategies, including T-cell receptor (TCR) repertoire analysis, neoantigen-specific immune profiling, and intratumoral immune characterization, are essential for patient selection, response prediction, and optimization of booster schedules (Rosenthal et al., 2019; Edwards et al., 2025). Moreover, standardization of manufacturing pipelines, quality control, and

© 2026 ISARC Academy

regulatory compliance remain critical for the clinical translation of personalized vaccines at scale (Redmond, 2024; Martel-Martel et al., 2025).

From a translational perspective, the future of anticancer vaccines lies in their integration into precision oncology frameworks that combine molecular profiling, immunogenomic analysis, and therapeutic optimization. AI-enabled predictive models now facilitate the identification of highly immunogenic neoantigens, anticipate immune escape mechanisms, and guide the selection of optimal vaccine formulations for individual patients (Singhal et al., 2025; Yu & Fu, 2025). Concurrently, prophylactic applications targeting high-risk populations or shared oncogenic mutations offer the potential to shift the paradigm from reactive therapy to proactive cancer prevention, thereby reducing incidence and improving long-term outcomes (Gupta et al., 2025; Kim et al., 2025).

Anticancer vaccines represent a rapidly evolving intersection of immunology, genomics, and clinical oncology. By leveraging personalized neoantigens, advanced delivery systems, combinatorial immunomodulation, and AI-driven design, vaccines are poised to complement existing therapeutic modalities, enhance immune-mediated tumor clearance, and establish durable patient-specific antitumor immunity. Continued investment in translational research, biomarker validation, and standardized clinical protocols will be pivotal in transforming these experimental platforms into broadly accessible and effective interventions in oncology (Sahin et al., 2020; Ott et al., 2017; Keskin et al., 2019). As the field progresses, integrating mechanistic insights with clinical innovation will not only optimize vaccine efficacy but also redefine the future landscape of cancer prevention, treatment, and personalized care.

GOAL

The principal goal of this scholarly disquisition was to comprehensively examine the contemporary reconfiguration of cancer vaccine science through an integrated molecular, immunological, technological, computational, and translational framework, with particular emphasis on neoantigen discovery and engineering, personalized vaccine design, immunogenicity optimization, tumor-microenvironment modulation, precision immunotherapy, advanced vaccine platforms, biomarker-guided patient stratification, and clinical translation. The study further sought to elucidate the biological and technological determinants governing effective antitumor immune activation, critically synthesize emerging evidence concerning individualized therapeutic vaccination, evaluate strategies for overcoming tumor-associated immunosuppression and therapeutic resistance, and identify future-oriented research directions capable of accelerating the transition from experimental cancer vaccine development toward clinically actionable, scalable, and precision-oriented oncological immunotherapy.

The primary aim of this study is to provide a comprehensive and critically integrated analysis of the contemporary perspectives on anticancer vaccines within the evolving landscape of oncology. This work seeks to systematically explore the scientific foundations, innovative technological strategies, and immunological mechanisms underlying the development and clinical application of anticancer vaccines. Particular emphasis is placed on elucidating the role of tumor-associated antigens and neoantigens in driving targeted immune responses, as well as examining advancements in vaccine platforms, including mRNA-based technologies, dendritic cell approaches, and nanoparticle delivery systems.

The study aims to evaluate the translational potential and clinical implications of anticancer vaccines, with a focus on therapeutic efficacy, safety profiles, and their integration into combination treatment regimens such as immune checkpoint inhibition and conventional anticancer therapies. An additional objective is to assess emerging insights related to personalized oncology, including the utilization of genomic profiling and artificial intelligence in optimizing vaccine design and patient-specific interventions. This research intends to identify current limitations, challenges, and future directions in the field, thereby contributing to the advancement of therapeutic optimization, precision medicine, and improved clinical outcomes in cancer management.

© 2026 ISARC Academy

METHODOLOGY

The present scholarly disquisition employed a comprehensive, integrative, and evidence-oriented literature synthesis methodology to examine the contemporary reconfiguration of cancer vaccine science across molecular, immunological, translational, and clinical dimensions. The methodological framework was designed to systematically integrate evidence concerning neoantigen discovery and engineering, antigen design, vaccine-platform development, immunogenicity optimization, tumor-microenvironment modulation, precision immunotherapy, therapeutic personalization, clinical translation, and emerging technological innovations. The investigation adopted a multidisciplinary perspective incorporating concepts from oncology, tumor immunology, molecular biology, vaccinology, genomics, bioinformatics, pharmacology, immunopharmacology, nanomedicine, biotechnology, and translational medicine.

A structured literature-search strategy was conceptualized to identify relevant scientific evidence published in internationally recognized biomedical and multidisciplinary databases, including PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase, and Google Scholar. Search terminology was constructed using combinations of controlled vocabulary and free-text descriptors associated with cancer vaccines, therapeutic vaccination, neoantigens, tumor-associated antigens, tumor-specific antigens, personalized cancer vaccines, mRNA vaccines, peptide vaccines, dendritic-cell vaccines, DNA vaccines, viral-vector platforms, nanoparticle-based vaccines, immunogenicity, antigen presentation, major histocompatibility complex, T-cell activation, tumor microenvironment, immune checkpoint inhibition, precision immunotherapy, immunological memory, vaccine response, clinical translation, and cancer vaccine clinical trials. Boolean operators, truncation, phrase searching, and database-specific indexing terminology were incorporated where appropriate to broaden sensitivity while maintaining conceptual relevance.

The evidence-selection process emphasized peer-reviewed original investigations, systematic reviews, meta-analyses, clinical trials, translational studies, authoritative consensus documents, and high-quality mechanistic research. Particular attention was directed toward contemporary evidence addressing technological advances in personalized vaccine construction, computational neoantigen prediction, high-throughput sequencing, immunopeptidomics, artificial intelligence-assisted antigen prioritization, mRNA and nanoparticle technologies, combination immunotherapy, and modulation of immunosuppressive tumor microenvironments. Foundational studies were considered when they established concepts essential for interpreting subsequent technological or clinical developments. Literature was comparatively evaluated according to scientific relevance, methodological robustness, biological plausibility, translational significance, and clinical applicability.

The analytical framework was organized around several interconnected dimensions. First, the molecular architecture of cancer vaccines was examined, including antigen selection, epitope identification, neoantigen generation, antigen-processing mechanisms, major histocompatibility complex presentation, and T-cell receptor recognition. Second, vaccine-platform engineering was assessed with respect to mRNA, peptide, protein, DNA, viral-vector, dendritic-cell, nanoparticle, and combination platforms. Third, determinants of immunogenicity were evaluated, including antigen abundance, epitope affinity, HLA compatibility, antigen processing, dendritic-cell activation, innate immune stimulation, T-cell priming, clonal expansion, and immunological memory. Fourth, the influence of the tumor microenvironment was analyzed through consideration of immune-cell composition, immune suppression, regulatory T cells, myeloid-derived suppressor cells, tumor-associated macrophages, cytokine networks, metabolic constraints, hypoxia, stromal interactions, and immune-exclusion mechanisms.

The methodology additionally incorporated a precision-medicine framework for evaluating patient-specific vaccine development. Particular emphasis was placed on tumor genomic profiling, somatic mutation identification, transcriptomic characterization, HLA typing, neoantigen prediction, immunopeptidomic validation, computational prioritization, and individualized antigen selection. The potential contribution of artificial intelligence and machine-learning methodologies to neoantigen prediction, molecular modeling, vaccine optimization, response prediction, and biomarker discovery

© 2026 ISARC Academy

was critically examined, with attention to model validation, dataset quality, reproducibility, interpretability, and clinical generalizability.

Clinical translation was assessed through examination of early-phase and later-phase clinical investigations, focusing on safety, tolerability, immunogenicity, objective tumor responses, progression-related outcomes, survival endpoints, immune correlates, treatment durability, and feasibility of individualized manufacturing. Combination strategies involving cancer vaccines and immune checkpoint inhibitors, chemotherapy, radiotherapy, targeted therapies, adoptive cellular therapies, and other immunomodulatory interventions were evaluated in relation to their potential to overcome therapeutic resistance and enhance antitumor immunity.

The synthesis further considered methodological heterogeneity among studies, differences in patient populations, cancer types, vaccine platforms, antigen-selection algorithms, immunological endpoints, clinical outcome measures, and follow-up duration. Evidence was interpreted comparatively rather than assuming equivalence among experimental approaches. Particular attention was given to the distinction between immunological activity and clinically meaningful therapeutic benefit, recognizing that induction of vaccine-specific immune responses does not necessarily translate directly into durable tumor control.

Quality-oriented interpretation incorporated assessment of experimental reproducibility, adequacy of controls, biological validation, statistical robustness, endpoint definition, sample size, longitudinal follow-up, and external applicability. For clinical studies, methodological considerations included trial design, eligibility criteria, comparator characteristics, adverse-event assessment, response evaluation, and clinically relevant efficacy endpoints. For computational studies, emphasis was placed on training-data characteristics, independent validation, prediction performance, potential bias, and reproducibility of analytical pipelines.

The synthesized evidence was interpreted through a translational continuum extending from antigen discovery and molecular engineering through vaccine formulation, immune activation, tumor-microenvironment interaction, clinical testing, therapeutic personalization, and implementation. This integrative methodology enabled the identification of convergent scientific trends, persistent technological limitations, translational barriers, and emerging opportunities within cancer vaccine research. The resulting framework positions contemporary cancer vaccination not as a single therapeutic technology but as a dynamic precision-immunological ecosystem in which genomic characterization, computational antigen discovery, advanced vaccine engineering, immune modulation, biomarker-guided patient selection, and individualized therapeutic design increasingly converge toward more adaptive and biologically informed oncological intervention.

RESULTS AND DISCUSSION

The contemporary scientific landscape of therapeutic cancer vaccination demonstrates a substantive reconfiguration of the field from empirically selected tumor-associated antigens toward molecularly defined, patient-specific, immunologically validated, and technologically programmable vaccine systems. The present scholarly appraisal identifies a convergence of cancer genomics, immunopeptidomics, computational biology, structural immunology, RNA engineering, nanotechnology, systems immunology, tumor-microenvironment biology, and precision oncology as the principal drivers of this transformation. Rather than conceptualizing a cancer vaccine as an isolated immunostimulatory intervention, current evidence increasingly supports its interpretation as an integrated immunological platform capable of generating, expanding, diversifying, and sustaining tumor-reactive cellular immunity. This transition is particularly consequential because contemporary immunotherapy has demonstrated that effective antitumor immunity requires not merely the presence of immune cells but coordinated antigen recognition, antigen presentation, T-cell priming, clonal expansion, trafficking into malignant tissue, functional persistence, and resistance to immunosuppressive mechanisms. Recent reviews consequently characterize therapeutic cancer vaccines as potential *enablers* of immunotherapy rather than merely alternative monotherapies.

© 2026 ISARC Academy

A major finding of the present synthesis is that neoantigen-centered vaccine development constitutes the principal conceptual axis of contemporary cancer vaccine science. Earlier approaches frequently concentrated on tumor-associated antigens that were overexpressed by malignant cells but remained present, at variable levels, in normal tissues. Such targets were intrinsically constrained by central and peripheral immune tolerance, heterogeneous expression, antigen-loss mechanisms, and limited tumor specificity. Neoantigens generated by somatic mutations provide a fundamentally different antigenic substrate because they can represent molecular alterations absent from normal host tissues and therefore potentially escape thymic negative selection. The resulting immune repertoire can contain high-affinity T-cell clonotypes capable of recognizing tumor-specific peptide–major histocompatibility complex complexes. The scientific implication is substantial: vaccine engineering can increasingly be directed toward *what is genetically unique about an individual tumor*, rather than toward a generalized cancer phenotype.

The research findings further indicate that neoantigen identification is no longer adequately conceptualized as a simple sequencing exercise. A clinically meaningful neoantigen must satisfy a multistep chain of biological conditions: the underlying mutation must be genuinely present within malignant cells; the altered gene must be transcribed; the corresponding protein or peptide must be generated; the peptide must undergo appropriate intracellular processing; it must bind an individual's HLA molecule; the peptide–HLA complex must reach the cell surface; and the host immune system must possess T-cell receptors capable of recognizing the complex. Consequently, contemporary personalized vaccine development increasingly integrates whole-exome or whole-genome sequencing, transcriptomic analysis, HLA typing, mutation clonality assessment, expression profiling, computational binding prediction, antigen-processing models, and experimental immunogenicity validation. The evolution from *predicted mutation* to *validated immunogenic target* represents one of the most important quality-control transitions in the field.

An additional finding is that neoantigen quality is more informative than mutation quantity alone. Tumor mutational burden may increase the probability of generating immunogenic epitopes, but a high number of mutations does not automatically translate into effective vaccine targets. Mutations may be subclonal, transcriptionally silent, poorly processed, inadequately presented by HLA molecules, or immunologically irrelevant. Conversely, a relatively small number of biologically consequential mutations may generate highly effective targets if they are clonal, abundantly expressed, efficiently presented, and recognized by functional T-cell receptors. The 2025 Nature study of personalized neoantigen vaccination in clear-cell renal-cell carcinoma provides important evidence that vaccination can induce immune responses against predicted neoantigens, including alterations involving cancer-driver genes, thereby expanding the potential antigenic repertoire even in tumors that are not traditionally characterized by exceptionally high mutation burden.

This finding is particularly relevant for the future design of cancer vaccines in malignancies with relatively low neoantigen abundance. The conventional assumption that successful vaccination requires highly mutated tumors is increasingly being refined. Driver mutations, gene fusions, frameshift alterations, aberrant splicing events, noncanonical open reading frames, and cryptic antigens may collectively expand the antigenic landscape available for therapeutic exploitation. Immunopeptidomic technologies are particularly important in this regard because they can interrogate peptides actually presented by HLA molecules rather than relying exclusively on computational predictions derived from genomic alterations. Current research therefore points toward a future in which genomics predicts candidate targets, transcriptomics establishes biological expression, immunopeptidomics confirms antigen presentation, and functional immunology establishes actual T-cell recognition.

The investigation also identifies artificial intelligence and machine-learning-assisted neoantigen prediction as increasingly important components of vaccine engineering. Computational systems can integrate mutation characteristics, HLA-binding affinity, antigen processing, expression, clonality, structural properties, and previous immunogenicity data to prioritize candidate epitopes. The scientific importance of artificial intelligence is not simply computational acceleration. Its greater potential lies in multidimensional integration: algorithms can simultaneously evaluate variables that are difficult to

© 2026 ISARC Academy

synthesize through conventional sequential analyses. Nevertheless, the evidence indicates that computational prediction should not be equated with biological validation. False-positive neoantigens remain a significant limitation, and algorithmic predictions require experimental confirmation through immunopeptidomic, T-cell activation, or other functional assays. Thus, AI should be conceptualized as a *candidate-ranking and decision-support technology*, not as a replacement for experimental immunology.

The findings additionally demonstrate a transition from single-antigen vaccination toward multivalent antigenic architectures. Tumors are genetically heterogeneous and continuously evolve under therapeutic and immunological selection pressure. A vaccine targeting one antigen can therefore generate selective pressure favoring antigen-loss variants. Incorporating multiple neoantigens creates a broader immunological attack and potentially reduces the probability that a tumor can escape through loss or downregulation of a single target. Multiepitope vaccines can simultaneously recruit CD8+ cytotoxic T lymphocytes and CD4+ helper T-cell responses, thereby enhancing cellular expansion, memory formation, antigen spreading, and immune persistence. This principle is especially relevant to personalized mRNA platforms, which can encode multiple patient-specific neoantigens within a single construct. Recent clinical-stage developments have reinforced the feasibility of this strategy.

A further finding concerns the rapid evolution of vaccine platforms. Peptide-based vaccines remain attractive because of their relative simplicity, chemical definition, manufacturing familiarity, and favorable safety characteristics. However, their limitations include restricted intracellular delivery, dependence on appropriate antigen processing, relatively short persistence, and variable immunogenicity. Longer peptides may partially overcome these limitations by requiring endogenous processing and permitting presentation through both MHC class I and class II pathways. Nevertheless, contemporary vaccine engineering increasingly emphasizes platforms capable of generating stronger and more durable antigen-specific cellular immunity.

mRNA technology has emerged as one of the most consequential platforms within this transformation. mRNA can encode multiple neoantigens within a single construct and can be manufactured through a programmable process that is adaptable to individualized tumor profiles. Lipid nanoparticles and related delivery systems facilitate cellular uptake and intracellular translation while potentially contributing innate immune stimulation. The pandemic-era maturation of mRNA manufacturing, formulation, purification, quality control, and scalable production has further strengthened the technological feasibility of RNA-based cancer vaccination. Importantly, however, cancer vaccine requirements differ from those of prophylactic infectious-disease vaccines. The objective is not simply transient antibody generation but the induction of robust, tumor-specific cellular immunity capable of recognizing malignant cells within an immunologically hostile microenvironment. The optimal RNA sequence, formulation, dose, delivery route, innate immune activation profile, and treatment schedule therefore remain active areas of investigation.

The findings reveal that dendritic-cell-based vaccination remains scientifically relevant despite the expansion of synthetic platforms. Dendritic cells occupy a central position in antigen presentation and T-cell priming, making them attractive vehicles for delivering tumor antigens directly into professional antigen-presenting cells. The clinical history of sipuleucel-T demonstrates that a cellular cancer vaccine can achieve regulatory approval and clinical utility, although its clinical development also illustrates the complexity of translating immunological activation into substantial clinical benefit. Contemporary strategies may therefore combine dendritic-cell biology with neoantigen identification, ex vivo antigen loading, RNA engineering, or improved maturation signals. Rather than disappearing, cellular vaccines may become increasingly integrated with molecularly precise antigen-selection strategies.

Another major finding is the centrality of innate immune activation and adjuvant engineering. Antigen delivery without an appropriate inflammatory context may generate weak or tolerogenic responses. Effective vaccination requires coordinated activation of antigen-presenting cells, costimulatory pathways, cytokine networks, and adaptive lymphocyte responses. Modern adjuvant systems are consequently being designed to enhance dendritic-cell maturation, antigen presentation, and T-cell priming without producing excessive systemic inflammation. RNA itself can provide innate immune

© 2026 ISARC Academy

stimulation, although excessive innate sensing may suppress translation and adversely affect vaccine performance. This creates a critical engineering balance between immunostimulatory activity and antigen-expression efficiency. The future vaccine platform will therefore likely require optimization of both *antigen identity* and *immunological context*.

One of the strongest findings emerging from contemporary research is that therapeutic cancer vaccines appear particularly promising when administered in minimal-residual-disease or adjuvant settings rather than exclusively in advanced, high-volume metastatic disease. This observation is biologically plausible. A vaccine-induced immune response may be more effective when tumor burden is limited, immunosuppressive circuitry is less entrenched, and malignant cells have fewer opportunities to evolve immune escape. Recent reviews emphasize the increasing importance of early-stage disease, neoadjuvant treatment, and adjuvant vaccination.

This represents a major conceptual departure from historical cancer-vaccine trials. Many earlier studies evaluated vaccination in patients with advanced disease characterized by extensive tumor burden, profound immune dysfunction, prior chemotherapy, lymphopenia, corticosteroid exposure, and multiple mechanisms of immune suppression. In such circumstances, a vaccine may successfully generate antigen-specific T cells without producing sufficient tumor control. Contemporary research therefore increasingly regards disease timing as a biological determinant of vaccine efficacy, rather than simply a clinical-trial design variable.

The findings concerning vaccine–immune checkpoint inhibitor combinations are particularly compelling. Checkpoint inhibitors can release inhibitory pathways that limit T-cell function, whereas cancer vaccines can increase the number, diversity, and tumor specificity of T cells. These interventions therefore have potentially complementary mechanisms: vaccination can provide or expand the immune response, while checkpoint blockade can prevent or reverse functional exhaustion and inhibitory signaling. The combination of personalized mRNA vaccination with pembrolizumab in resected melanoma has provided important clinical evidence supporting this concept, while subsequent development has moved toward larger pivotal studies.

The significance of this combination is not limited to melanoma. It establishes a general therapeutic principle: vaccination may be most effective when integrated into an immunotherapy ecosystem rather than deployed as a stand-alone intervention. Similar concepts are being investigated across lung cancer, renal-cell carcinoma, urothelial cancer, pancreatic cancer, colorectal cancer, and other malignancies. Current clinical development is increasingly organized around rational combinations involving immune checkpoint inhibitors, chemotherapy, radiotherapy, targeted therapy, cellular immunotherapy, cytokine modulation, and agents capable of remodeling the tumor microenvironment.

The tumor microenvironment emerged as one of the principal determinants of therapeutic vaccine success or failure. A tumor may contain tumor-specific T cells yet remain clinically resistant because those lymphocytes cannot adequately infiltrate malignant tissue, become functionally exhausted, encounter suppressive myeloid populations, or are metabolically incapacitated. Consequently, the vaccine problem cannot be reduced to antigen generation. It involves the entire sequence from antigen recognition to effective intratumoral cytotoxicity.

The contemporary tumor microenvironment includes regulatory T cells, myeloid-derived suppressor cells, tumor-associated macrophages, cancer-associated fibroblasts, endothelial cells, extracellular matrix components, immunosuppressive cytokines, adenosine metabolism, altered glucose and amino-acid availability, hypoxia, abnormal vascular architecture, and inhibitory checkpoint pathways. Each can interfere with vaccine-generated immunity. Therefore, an important finding of this research synthesis is that next-generation cancer vaccines should increasingly be engineered as components of tumor-microenvironment remodeling strategies.

One promising concept is conversion of immunologically “cold” tumors into “hot” tumors. A cold tumor is characterized by limited T-cell infiltration, weak antigenicity, poor antigen presentation, or dominant immunosuppressive signaling. Vaccination can increase tumor-reactive lymphocyte frequency, while complementary interventions can facilitate their recruitment and functional persistence. Recent

© 2026 ISARC Academy

immunology literature explicitly positions cancer vaccines as potential mechanisms for broadening neoantigen-specific repertoires and converting immunologically cold tumors toward more inflamed states.

The findings therefore support a three-dimensional model of vaccine efficacy comprising antigenicity, immunogenicity, and permissive tumor ecology. Antigenicity refers to whether the tumor expresses recognizable molecular targets. Immunogenicity describes whether those targets can induce functional immune responses. Tumor ecology determines whether the induced immune response can enter, survive, and function within the malignant tissue. Failure at any one of these levels can compromise clinical efficacy. This framework provides a more comprehensive explanation for why strong peripheral immune responses do not invariably produce tumor regression.

Another major finding concerns T-cell repertoire diversification and immunological memory. Successful vaccination should not merely produce a transient increase in circulating effector cells. Ideally, it should establish durable memory populations capable of rapid reactivation upon exposure to residual or recurrent tumor cells. Evidence from recent neoantigen-vaccine studies suggests that vaccination can generate durable T-cell responses, including responses that recognize multiple tumor-derived targets. This is particularly important in adjuvant therapy, where the principal objective may be elimination of microscopic residual disease and prevention of recurrence rather than immediate reduction of measurable tumor mass.

The concept of epitope spreading also emerges as a potentially important mechanism. Initial vaccination may target selected neoantigens, induce tumor-cell killing, and release additional tumor antigens into the local environment. These newly exposed antigens can subsequently be taken up and presented by antigen-presenting cells, expanding the immune response beyond the original vaccine composition. Such endogenous amplification may be particularly valuable in heterogeneous tumors. Accordingly, vaccine composition should not necessarily be viewed as a complete representation of every therapeutically relevant antigen; rather, it may function as an initiating stimulus for broader endogenous antitumor immunity.

The findings also indicate that tumor heterogeneity represents both a fundamental challenge and an opportunity for vaccine design. A vaccine directed against a subclonal neoantigen may eliminate only a fraction of tumor cells, whereas targeting clonal alterations theoretically provides broader tumor coverage. Consequently, clonality should be incorporated into antigen-ranking algorithms. Nevertheless, clonal neoantigens are not automatically immunogenic, and highly immunogenic subclonal targets may still have therapeutic value when combined with additional antigens. The optimal strategy therefore involves simultaneous consideration of clonality, expression, HLA presentation, T-cell recognition, evolutionary stability, and functional relevance.

An important extension of this concept is the targeting of cancer-driver mutations. Driver alterations may be particularly attractive because their biological importance can constrain tumor evolutionary capacity to eliminate the antigen without compromising malignant fitness. The 2025 renal-cell carcinoma study provided evidence that personalized vaccination can target neoantigens associated with driver mutations and generate antitumor immune responses, supporting the hypothesis that genetically consequential targets may represent valuable vaccine substrates.

The research synthesis further identifies KRAS-directed vaccination as an important example of shared or semi-personalized precision vaccination. Mutant KRAS variants occur across multiple gastrointestinal and pancreatic malignancies and provide an opportunity to develop vaccines that are more scalable than completely individualized formulations. Recent AMPLIFY-201 findings demonstrated that an investigational vaccine targeting mutant KRAS could generate polyfunctional T-cell responses in patients with minimal residual disease-positive pancreatic or colorectal cancer, with the magnitude of immune response associated with clinical outcomes. These findings strengthen the concept of a continuum extending from universal vaccines to mutation-specific shared vaccines and fully individualized neoantigen vaccines.

© 2026 ISARC Academy

Accordingly, the future of cancer vaccination is unlikely to consist of one universal technological model. Instead, the field is likely to develop three interconnected personalization architectures: universal or broadly shared antigen vaccines, biomarker-selected shared vaccines, and fully individualized neoantigen vaccines. Universal platforms offer manufacturing and logistical advantages; shared vaccines provide an intermediate level of precision; and individualized vaccines maximize molecular specificity but introduce substantial logistical complexity.

The findings highlight manufacturing and time-to-treatment as major translational constraints. A personalized vaccine requires tumor acquisition, sequencing, bioinformatic processing, antigen selection, construct design, manufacturing, quality control, release testing, administration, and longitudinal immune monitoring. For rapidly progressive malignancies, prolonged manufacturing timelines can become clinically unacceptable. Therefore, future progress will depend not only on biological innovation but also on automation, standardized sequencing pipelines, cloud-based computational infrastructure, modular manufacturing, improved quality-control systems, and potentially premanufactured libraries of recurrent driver or hotspot neoantigens.

The concept of warehouse-based personalization may provide an intermediate strategy. Instead of designing an entirely new vaccine for every patient, vaccines could be selected from premanufactured libraries targeting recurrent mutations, fusion events, viral antigens, or shared tumor-specific epitopes. Contemporary discussions of cancer vaccination explicitly consider personalized, warehouse-based, and one-for-all strategies as complementary models. Such approaches could substantially shorten treatment initiation while preserving a significant degree of molecular specificity.

The findings also reveal a growing role for immunopeptidomics as a bridge between computational prediction and clinical validation. Conventional sequencing identifies mutations but does not directly establish whether the resulting peptides are naturally presented by tumor HLA molecules. Mass spectrometric interrogation of the HLA ligandome can provide direct evidence of peptide presentation. This is particularly important for identifying unconventional antigens derived from gene fusions, alternative reading frames, aberrant transcripts, noncanonical proteins, and cryptic sequences. The integration of immunopeptidomics with single-cell transcriptomics and spatial transcriptomics may therefore represent one of the next major methodological advances.

Another important finding is the increasing relevance of single-cell and spatial technologies. Bulk sequencing averages signals across heterogeneous tumor populations and therefore cannot adequately resolve which cell populations express particular antigens or immune-regulatory molecules. Single-cell RNA sequencing, single-cell T-cell receptor sequencing, spatial transcriptomics, multiplex imaging, and related technologies can characterize the spatial and cellular organization of tumor immunity. These approaches can determine whether vaccine-induced T-cell clones actually enter the tumor, whether they interact with antigen-presenting cells, whether they become exhausted, and which microenvironmental niches support or suppress their function.

This technological convergence permits a more sophisticated definition of vaccine response. Traditional clinical assessment frequently emphasizes radiographic tumor reduction or progression-free survival. However, contemporary cancer-vaccine research increasingly requires multilevel biomarkers of biological activity. These include vaccine-specific T-cell frequency, TCR clonality, cytokine production, polyfunctionality, tumor infiltration, antigen-specific memory, circulating tumor DNA, minimal residual disease, and changes in the tumor immune microenvironment. Recent clinical-development frameworks emphasize improved proxies for vaccine efficacy, high-quality antigens, modular platforms, and innate immune stimulation as central elements of future trials.

The findings therefore support a shift from a binary question—“Did the vaccine shrink the tumor?”—toward a multidimensional question: “Did vaccination produce the intended molecular, immunological, cellular, microenvironmental, and clinical cascade?” This is especially important in adjuvant and minimal-residual-disease settings, where measurable tumor shrinkage may not be the appropriate endpoint.

© 2026 ISARC Academy

A further finding concerns clinical trial design. Early-phase vaccine studies increasingly need to integrate serial biospecimen collection, longitudinal immune profiling, tumor sequencing, circulating tumor DNA assessment, and tumor tissue analysis. Perioperative trials are particularly valuable because tissue can be obtained before and after vaccination, allowing direct comparison of tumor-intrinsic and immune changes. This creates a translational feedback loop in which clinical specimens inform vaccine optimization and subsequent vaccine generations.

The evidence also suggests that the timing of vaccination relative to surgery, chemotherapy, radiotherapy, and checkpoint blockade can substantially influence immunogenicity. Lymphodepletion may sometimes facilitate adoptive cellular therapy but may have different consequences for vaccine-induced immune responses. Corticosteroids can suppress immune activation and therefore complicate vaccine efficacy. Chemotherapy and radiotherapy may increase antigen release and immunogenic cell death while simultaneously producing lymphocyte depletion. Consequently, optimal vaccine scheduling should be biologically individualized rather than selected solely according to conventional treatment calendars.

The tumor microenvironment further demonstrates that metabolic competition is an underappreciated determinant of vaccine efficacy. Activated T cells require glucose, amino acids, oxygen, and metabolic flexibility, while tumor cells and suppressive myeloid populations compete for these resources. Hypoxia and extracellular adenosine can inhibit cytotoxic lymphocyte activity, whereas altered lipid metabolism can contribute to T-cell dysfunction. Future vaccine combinations may therefore incorporate metabolic interventions designed to restore immune-cell fitness. Such combinations could be particularly relevant to tumors with profound metabolic immunosuppression.

Another research finding is that vaccination may complement targeted molecular therapy. Targeted agents can reduce tumor burden, modify antigen expression, alter signaling pathways, or influence immune-cell recruitment. In selected tumors, inhibition of oncogenic pathways may enhance antigen presentation or reduce immunosuppressive signaling. Conversely, immune pressure generated by vaccination may prevent resistant clones from dominating after targeted therapy. The future therapeutic architecture may consequently involve sequential or simultaneous integration of molecularly targeted therapy and personalized vaccination.

The field is also expanding toward preventive vaccination in high-risk populations and interception of premalignant disease. The biological rationale is particularly strong in patients with inherited cancer susceptibility, chronic inflammatory conditions, premalignant lesions, or detectable molecular residual disease. The immune system may be more competent before extensive cancer progression, while the antigenic landscape may be less heterogeneous. Contemporary reviews increasingly emphasize early disease and precancer as potentially advantageous settings for therapeutic vaccination.

This observation also suggests that cancer vaccines may eventually become part of precision cancer interception, positioned between conventional screening and treatment of established malignancy. Molecular surveillance could identify individuals harboring high-risk premalignant clones, while vaccination could establish immune surveillance before invasive disease develops. Such an approach remains investigational, but it represents a major future-oriented extension of the cancer vaccine paradigm.

The findings additionally demonstrate that safety and immune specificity remain fundamental determinants of translational success. The theoretical advantage of neoantigens is their tumor specificity, but bioinformatic prediction errors could theoretically identify peptides with similarity to normal human proteins. Cross-reactivity must therefore be assessed systematically. HLA diversity further complicates vaccine development because an antigen strongly presented in one individual may be poorly presented in another. Personalized vaccines partially address this problem through patient-specific HLA typing, whereas shared vaccines require carefully selected targets with broader HLA coverage.

The research landscape consequently supports the development of integrated antigen-selection algorithms incorporating HLA coverage, expression, clonality, evolutionary conservation within the tumor, tumor specificity, immunogenicity, structural similarity to self, and predicted T-cell receptor

© 2026 ISARC Academy

recognition. Future algorithms may additionally incorporate longitudinal evolutionary data, enabling vaccine design to anticipate likely escape mutations.

Another major finding is the importance of therapeutic personalization beyond antigen selection. True precision vaccination may ultimately involve personalization of antigen composition, platform, dose, adjuvant, delivery route, treatment schedule, combination partner, and monitoring strategy. Patients with highly inflamed tumors may require a different combination strategy from patients with immune-excluded tumors. Similarly, a patient with high neoantigen burden but poor antigen presentation may benefit from a different intervention than one with low neoantigen burden but strong antigen-presenting capacity.

This suggests the emergence of a multiscale precision-vaccination framework spanning four principal levels: molecular personalization, immunological personalization, microenvironmental personalization, and clinical personalization. Molecular personalization selects the relevant tumor antigens. Immunological personalization determines the patient's HLA architecture and immune competence. Microenvironmental personalization identifies dominant suppressive mechanisms. Clinical personalization determines the optimal timing and combination of vaccination with surgery, radiotherapy, systemic therapy, or checkpoint blockade.

The overall research findings therefore indicate that the cancer vaccine field has entered a technologically mature but clinically transitional phase. The scientific foundation is substantially stronger than during earlier generations of therapeutic vaccines, particularly because antigen discovery, sequencing, computational prediction, delivery technologies, and immune monitoring have advanced simultaneously. However, major uncertainties remain concerning the optimal platform, the most predictive biomarkers, the ideal clinical setting, the appropriate combination strategy, and the degree to which immune responses translate into durable survival benefits. The 2026 literature continues to characterize neoantigen vaccines as promising while emphasizing unresolved questions concerning platform selection, delivery, immunogenicity, and clinical efficacy.

Collectively, the findings support the proposition that the future cancer vaccine is not simply a vaccine against cancer but a programmable immunological intervention embedded within precision oncology. Its therapeutic value will depend on the coordinated optimization of antigen selection, molecular engineering, delivery, innate immune activation, adaptive immune priming, T-cell trafficking, tumor-microenvironment remodeling, checkpoint regulation, metabolic support, and longitudinal disease monitoring.

The most important scientific transition is therefore from antigen-centric vaccination to systems-level immune engineering. Earlier vaccine paradigms largely asked which tumor antigen could be targeted. Contemporary research asks a considerably more complex question: which tumor-specific molecular targets should be selected, in which patient, using which platform, at which stage of disease, in combination with which immunomodulatory agents, under which microenvironmental conditions, and with which biomarkers used to verify biological activity? This expanded framework more accurately reflects the current scientific reality.

The emerging evidence also supports the proposition that neoantigen vaccination is likely to be most clinically transformative when incorporated into multimodal cancer treatment rather than positioned as an isolated therapeutic modality. The convergence of personalized vaccines with immune checkpoint inhibition, targeted therapy, radiotherapy, cellular therapy, and minimal-residual-disease monitoring provides a rational architecture for future precision oncology. Contemporary evidence from melanoma, renal-cell carcinoma, pancreatic cancer, colorectal cancer, and other malignancies demonstrates that this strategy is moving beyond theoretical feasibility toward increasingly sophisticated clinical evaluation.

Ultimately, the research findings establish several principal conclusions. First, neoantigens have become the dominant conceptual substrate for next-generation therapeutic cancer vaccination because they offer enhanced tumor specificity and reduced dependence on pre-existing immune tolerance. Second, multiomic and immunopeptidomic technologies are redefining antigen discovery, moving the field from mutation prediction toward biologically validated antigen presentation. Third, mRNA and other

© 2026 ISARC Academy

programmable platforms have transformed vaccine engineering, allowing multiplexed and individualized antigen delivery. Fourth, tumor-microenvironment modulation is indispensable, because antigen-specific immunity cannot guarantee tumor elimination in an immunosuppressive ecosystem. Fifth, checkpoint inhibitors and other immunotherapies provide rational combination partners, enabling vaccination to generate tumor-specific immunity while complementary therapies preserve its functionality. Sixth, minimal-residual-disease and early-stage settings may represent particularly favorable therapeutic windows, when tumor burden is lower and immune competence is comparatively preserved. Seventh, clinical translation increasingly requires integrated biomarker systems, including molecular, cellular, immunological, spatial, and circulating measures. Finally, the long-term trajectory of cancer vaccine science is toward programmable, adaptive, individualized immunotherapy, in which vaccine composition and therapeutic context are dynamically determined by the molecular and immunological characteristics of each patient's disease.

Thus, the contemporary reconfiguration of cancer vaccine science can be understood as a transition from conventional empiricism toward precision immunological engineering. The convergence of cancer genomics, artificial intelligence, neoantigen prediction, immunopeptidomics, RNA engineering, nanomedicine, systems immunology, single-cell technologies, spatial profiling, and clinical pharmacology is creating an increasingly integrated therapeutic ecosystem. The ultimate objective is not merely to induce an immune response but to construct a durable, specific, evolutionarily resilient, and clinically actionable antitumor immune state. If current translational trajectories are successfully converted into reproducible phase III evidence and scalable manufacturing systems, therapeutic cancer vaccines may evolve from a historically challenging experimental concept into an important component of individualized oncological treatment and cancer interception.

The contemporary evidence concerning cancer vaccine science demonstrates a decisive transition from conventional antigen-directed immunostimulation toward highly individualized, molecularly programmable immunotherapeutic intervention. The principal finding emerging from the scientific landscape is that therapeutic cancer vaccination is increasingly being reconstructed around the biological individuality of malignant disease rather than around tumor anatomy alone. Genomic heterogeneity, epigenetic dysregulation, transcriptomic variability, aberrant protein expression, immune-cell composition, HLA diversity, and tumor-microenvironmental characteristics collectively determine the antigenic and immunological context in which a vaccine operates. Consequently, contemporary vaccine development increasingly incorporates molecular diagnostics, computational antigen discovery, immunological profiling, advanced delivery technologies, and combination treatment strategies. This reconfiguration has transformed cancer vaccines from relatively standardized immunological products into potentially adaptive precision-oncology platforms.

The present scholarly synthesis demonstrates that cancer vaccine science is undergoing a fundamental conceptual and technological reconfiguration. The field has moved beyond the historical paradigm of empirically selected tumor-associated antigens toward a precision-oriented framework integrating tumor genomics, transcriptomics, HLA biology, immunopeptidomics, computational neoantigen prediction, RNA engineering, nanotechnology, systems immunology, tumor-microenvironment biology, and longitudinal clinical monitoring. This transition is particularly important because therapeutic cancer vaccination historically encountered substantial limitations arising from immune tolerance, antigenic heterogeneity, inadequate immunogenicity, immune escape, and the inability of vaccine-induced lymphocytes to overcome the suppressive tumor microenvironment. Contemporary evidence indicates that these limitations are increasingly being addressed through rational molecular design and combination immunotherapy, although the optimal platform, antigen-selection algorithm, treatment setting, and clinical-development strategy remain incompletely established.

Reconfiguration of the therapeutic cancer-vaccine paradigm

The principal result of the present analysis is the identification of a transition from conventional cancer vaccination toward programmable precision immunotherapy. Historically, therapeutic cancer vaccines

© 2026 ISARC Academy

were designed primarily around tumor-associated antigens, differentiation antigens, overexpressed proteins, viral antigens, whole tumor cells, or relatively limited peptide repertoires. Although these strategies established proof of concept that malignant cells could be immunologically targeted, their therapeutic effectiveness was constrained by antigen expression in normal tissues, central immune tolerance, heterogeneous antigen expression, insufficient T-cell activation, and tumor-mediated immunosuppression.

The contemporary paradigm is fundamentally different. Neoantigens generated through somatic mutations provide molecularly distinctive targets that can potentially be recognized without the same degree of central tolerance associated with self-derived tumor-associated antigens. The development of next-generation sequencing, improved HLA-binding prediction, RNA sequencing, computational pipelines, and high-throughput immunological assays has therefore enabled cancer vaccination to become increasingly individualized. Recent comprehensive analyses emphasize that these technologies have created the technical foundation for personalized cancer vaccines, while simultaneously identifying substantial remaining challenges involving antigen selection, delivery, disease setting, manufacturing, and clinical translation.

The results indicate that this transformation should not be interpreted merely as a substitution of one antigen category for another. Rather, it represents a transition from antigen selection as the principal scientific problem to systems-level optimization of the complete antitumor immune response. A clinically effective vaccine must identify a biologically relevant target, deliver it efficiently, stimulate professional antigen-presenting cells, promote appropriate T-cell priming, generate functional effector and memory populations, facilitate tumor infiltration, resist immunosuppressive signaling, and ultimately translate immune activity into measurable clinical benefit. Consequently, cancer vaccine development has become an interdisciplinary problem encompassing molecular oncology, immunology, pharmacology, bioinformatics, computational biology, nanomedicine, and clinical trial methodology.

Neoantigen engineering as the principal molecular innovation

The findings strongly support the proposition that neoantigen engineering represents the central molecular innovation of contemporary cancer vaccine science. Neoantigens may arise from single-nucleotide variants, insertions and deletions, gene fusions, aberrant splicing, noncanonical translation, frameshift mutations, and other genomic or transcriptomic alterations. Their therapeutic attractiveness derives from their potential tumor specificity and reduced exposure to thymic negative selection.

However, the analysis demonstrates that a genomic mutation cannot automatically be considered a clinically useful neoantigen. A successful neoantigen must traverse a complex biological pathway involving mutation presence, transcription, translation, proteasomal processing, peptide generation, HLA binding, cell-surface presentation, and recognition by an appropriate T-cell receptor. Consequently, contemporary neoantigen discovery increasingly requires integration of whole-exome or whole-genome sequencing with RNA sequencing, HLA typing, computational binding prediction, antigen-processing algorithms, and functional validation.

This finding has important implications for future vaccine design. The most sophisticated strategy is unlikely to be the selection of the greatest possible number of predicted mutations. Instead, antigen prioritization should emphasize quality, clonality, expression, HLA presentation, tumor specificity, functional relevance, and immunogenicity. Recent clinical and translational literature increasingly emphasizes high-quality neoantigens rather than simple mutation abundance as a determinant of vaccine performance.

The distinction between mutation quantity and antigen quality is particularly important because tumor mutational burden is an indirect biomarker. A tumor can possess numerous genomic alterations but generate relatively few therapeutically useful neoantigens. Conversely, a smaller number of highly expressed and clonally distributed mutations may produce stronger immune recognition. The present

© 2026 ISARC Academy

analysis therefore supports an antigen-ranking framework in which computational prediction is followed by progressively more stringent biological validation.

Immunopeptidomics and the transition from prediction to biological confirmation

An important result is the increasing importance of immunopeptidomics as a critical bridge between genomics and immunology. Conventional sequencing identifies genetic alterations, whereas immunopeptidomics can establish which peptides are actually presented by HLA molecules. This distinction is fundamental because many computationally predicted neoantigens may never reach the tumor-cell surface.

The incorporation of mass-spectrometric HLA ligandome analysis can therefore reduce false-positive antigen selection and identify unconventional tumor-derived peptides. When combined with transcriptomics, immunopeptidomics can reveal antigens arising from aberrant splicing, fusion transcripts, alternative reading frames, and other noncanonical biological processes. The current literature supports increasingly integrated approaches involving genomics, transcriptomics, HLA typing, computational prediction, and antigen-presentation analysis.

The resulting methodological hierarchy can be conceptualized as: Genomic alteration → transcriptional expression → peptide generation → HLA presentation → T-cell recognition → functional antitumor activity. This sequence provides a more rigorous definition of neoantigen validity than genomic prediction alone. It also suggests that future vaccine-development pipelines will increasingly employ multiparametric scoring systems rather than a single binding-affinity threshold.

Personalized vaccination and the expansion of precision oncology

The findings indicate that personalized cancer vaccines are becoming an increasingly important extension of precision medicine. Instead of treating patients according to histological diagnosis alone, personalized vaccination incorporates the molecular characteristics of the individual tumor and the patient's HLA genotype. This represents a shift from disease-level treatment to patient-specific immunological engineering.

Recent reviews identify DNA, mRNA, peptide, dendritic-cell, and whole-cell platforms as active components of the personalized cancer-vaccine landscape. Most contemporary studies remain early-phase, but the increasing sophistication of trials and emergence of more mature randomized data indicate that the field is moving toward clinically definitive evaluation.

The results further indicate that personalization has multiple dimensions. At the first level, the antigen repertoire is personalized according to tumor mutations. At the second level, antigen selection is constrained by HLA genotype. At the third level, treatment can potentially be adapted according to immune phenotype, tumor-microenvironment characteristics, and previous therapeutic exposure. At the fourth level, vaccine timing and combination therapy can be personalized according to disease stage and minimal residual disease.

Thus, the ultimate objective is not merely a personalized antigen, but a personalized immunotherapeutic ecosystem.

mRNA platforms and programmable vaccine architecture

One of the most prominent results of the analysis is the rapid emergence of mRNA-based cancer vaccines. mRNA offers several theoretical and practical advantages, including the capacity to encode multiple neoantigens, rapid sequence redesign, cell-free manufacturing, and compatibility with nanoparticle delivery systems. Recent clinical-development literature identifies mRNA platforms as one of the most important technologies driving renewed interest in cancer vaccination.

© 2026 ISARC Academy

The significance of mRNA is greater than its function as an alternative antigen-delivery vehicle. It provides a programmable biological architecture in which the encoded antigenic repertoire can be modified without rebuilding the fundamental manufacturing platform. This characteristic is especially important for personalized cancer vaccines, where the sequence composition differs between patients.

Clinical development of individualized mRNA vaccines, including mRNA-4157/V940 and related platforms, has generated some of the most encouraging contemporary evidence. Randomized clinical experience in melanoma has strengthened the rationale for combining individualized mRNA vaccination with checkpoint inhibition, while ongoing larger trials are examining whether these findings can be generalized to other cancers and treatment settings.

Nevertheless, the results indicate that mRNA should not yet be regarded as the universally optimal cancer-vaccine platform. Current evidence does not establish a definitive head-to-head superiority of mRNA over peptide, DNA, dendritic-cell, or other approaches. Delivery efficiency, innate immune activation, antigen-expression kinetics, manufacturing requirements, stability, cost, and patient-specific biological characteristics may determine which platform is most appropriate.

Tumor-microenvironment modulation as a decisive therapeutic determinant

A central result of the present analysis is that vaccine immunogenicity alone is insufficient to guarantee clinical efficacy. The tumor microenvironment functions as a complex immunological ecosystem capable of preventing tumor-reactive lymphocytes from achieving sustained cytotoxic activity.

Major suppressive components include regulatory T cells, myeloid-derived suppressor cells, tumor-associated macrophages, cancer-associated fibroblasts, inhibitory cytokines, metabolic competition, hypoxia, extracellular adenosine, abnormal vasculature, and checkpoint pathways. Consequently, a patient may generate a robust circulating neoantigen-specific T-cell response while the tumor remains clinically resistant. This observation fundamentally modifies the interpretation of vaccine efficacy. The relevant question is not merely whether vaccination increases antigen-specific T cells but whether those cells can traffic to the tumor, penetrate malignant tissue, retain functional competence, recognize target cells, resist suppressive signals, and generate durable immunological memory.

Recent research has expanded this concept even further by investigating vaccines directed not only against malignant-cell antigens but against immunosuppressive components of the tumor microenvironment. Immune-modulatory vaccines targeting elements such as PD-L1, IDO, arginase-1, or TGF-β represent an emerging strategy in which vaccination attempts to remodel the immunological environment itself. This development is highly significant because it transforms the vaccine from a simple tumor-antigen delivery system into a potential microenvironment-engineering intervention.

Combination with immune checkpoint inhibition

The analysis identifies combination with immune checkpoint blockade as one of the most biologically rational strategies in contemporary cancer vaccine development. The complementary logic is straightforward: vaccination can increase the number and diversity of tumor-specific T cells, whereas checkpoint inhibition can preserve or restore their functional activity.

This relationship is particularly relevant to tumors in which endogenous T-cell responses exist but are insufficient. Vaccination may broaden the repertoire and generate new tumor-reactive clones, while PD-1/PD-L1 or CTLA-4 blockade can prevent inhibitory signaling from suppressing those cells.

The clinical experience with individualized mRNA vaccination plus pembrolizumab in melanoma represents an important proof of principle. The combination has demonstrated improved recurrence outcomes compared with checkpoint inhibition alone in randomized phase IIb development, supporting continued phase III investigation.

© 2026 ISARC Academy

The results nevertheless suggest that checkpoint blockade should not automatically accompany every cancer vaccine. Combination benefit is likely dependent on tumor immunogenicity, baseline T-cell infiltration, checkpoint expression, disease stage, and the mechanisms responsible for immune resistance. Future clinical trials should therefore move toward biomarker-defined combinations rather than universal combination protocols.

Minimal residual disease and early-stage cancer as preferred therapeutic windows

One of the most consequential findings is the increasing scientific emphasis on early-stage disease and minimal residual disease (MRD). Therapeutic vaccines may perform differently in patients with microscopic residual disease compared with patients harboring extensive metastatic tumor burden.

In advanced cancer, high tumor volume may be associated with profound immune dysfunction, substantial suppressive-cell infiltration, metabolic competition, antigen heterogeneity, and multiple mechanisms of immune escape. Conversely, after surgical resection or successful cytoreduction, the residual malignant population may be smaller and more immunologically tractable.

Recent clinical-development analyses specifically identify early-stage and (neo)adjuvant settings as strategically important for future cancer-vaccine development.

The AMPLIFY-201 experience provides an important example of this principle. The investigational KRAS-targeting vaccine ELI-002 2P generated polyfunctional T-cell responses in patients with MRD-positive pancreatic or colorectal cancer, and the magnitude of immune response correlated with clinical outcomes. This finding supports a broader proposition: cancer vaccination may be particularly effective when used to eliminate residual disease rather than to overcome massive established tumor burden.

Shared neoantigens versus individualized vaccines

The results indicate that the future vaccine landscape will probably contain several levels of personalization rather than a binary choice between universal and individualized vaccines.

At one end are broadly applicable vaccines directed against common tumor-associated or viral antigens. At the opposite end are completely individualized vaccines encoding multiple patient-specific neoantigens. Between these extremes lies a strategically important category of shared mutation-specific vaccines, targeting recurrent driver alterations such as selected KRAS mutations.

Shared neoantigen vaccines offer potentially shorter manufacturing timelines and greater scalability than fully individualized vaccines. Their principal limitation is restricted population eligibility because only patients harboring the relevant mutation and HLA context can receive them. Nevertheless, recurrent oncogenic mutations may provide an attractive balance between precision and manufacturing efficiency.

The KRAS experience is particularly informative because it demonstrates that a mutation-specific vaccine can be evaluated in a clinically defined MRD population and that immune response magnitude may carry prognostic or predictive information.

Tumor heterogeneity and antigen escape

Tumor heterogeneity remains one of the major biological barriers identified by the analysis. A malignant neoplasm contains multiple cellular populations with distinct genetic, epigenetic, metabolic, and immunological characteristics. A vaccine targeting only one subclone may therefore generate strong immune pressure without eliminating the entire tumor.

This supports the use of multiepitope vaccine constructs targeting multiple independent neoantigens. Such an approach can decrease the probability of immune escape through loss of a single antigen. It can also promote broader T-cell repertoire diversification.

© 2026 ISARC Academy

However, increasing the number of antigens does not necessarily improve vaccine efficacy indefinitely. Each additional target introduces questions regarding expression, HLA presentation, competition between epitopes, manufacturing complexity, and immunodominance. Therefore, the objective should be optimized antigen diversity, rather than maximal antigen quantity.

Clonal neoantigens are particularly attractive because targeting an alteration present across a large proportion of malignant cells may provide broader tumor coverage. Yet the analysis indicates that clonality should be considered together with expression and immunogenicity rather than treated as an independent surrogate of vaccine quality.

Epitope spreading and endogenous amplification

An additional result concerns the potential for vaccination to initiate epitope spreading. Vaccine-induced tumor-cell killing can release additional tumor antigens that are subsequently captured and presented by dendritic cells. The resulting immune response can expand beyond the original vaccine antigen repertoire.

This phenomenon provides an important mechanism by which a relatively restricted vaccine can potentially produce a broader antitumor response. It also suggests that vaccine composition should be understood dynamically. The initial vaccine may function as a molecular trigger that initiates a larger endogenous immune cascade.

The implication is that successful vaccine design may depend not only on selecting the best neoantigens but also on selecting antigens capable of initiating effective tumor destruction and secondary antigen release.

Artificial intelligence and computational antigen prioritization

The findings demonstrate an expanding role for artificial intelligence and machine learning in neoantigen discovery. Modern computational systems can integrate mutation data, gene expression, HLA-binding affinity, antigen processing, clonality, peptide characteristics, and immunogenicity information.

The principal value of AI is its ability to integrate multidimensional variables into ranking systems that can assist researchers in prioritizing candidate antigens. This is particularly important because individualized vaccine development requires selecting a manageable number of candidate neoantigens from potentially hundreds or thousands of somatic alterations.

However, the analysis also identifies a major methodological limitation: prediction is not equivalent to immunogenicity. Computationally high-ranking peptides may fail to be naturally presented or recognized by T cells. Therefore, AI should function within a validation framework that incorporates immunopeptidomics and functional immunological assays.

Future algorithms may additionally incorporate T-cell receptor recognition, structural modeling, longitudinal tumor evolution, and spatial immune information. This could transform neoantigen prediction from static ranking into dynamic evolutionary modeling.

Single-cell, spatial, and systems-immunology approaches

The results support increasing use of single-cell and spatial technologies to characterize vaccine-induced immunity. Bulk tumor profiling provides an averaged signal and can conceal biologically important cellular subpopulations. Single-cell sequencing can identify specific T-cell clonotypes, immune-cell states, and transcriptional programs, whereas spatial technologies can establish where those populations are located relative to tumor cells and antigen-presenting cells. This distinction is clinically relevant. A vaccine-induced T-cell clone circulating in peripheral blood may have limited therapeutic value if it

© 2026 ISARC Academy

cannot infiltrate the tumor. Conversely, a relatively small but highly functional intratumoral clone may be clinically important.

Accordingly, future cancer-vaccine trials should incorporate longitudinal immune-spatial profiling wherever feasible. Such analyses could reveal whether vaccination modifies the tumor from immune-excluded to immune-inflamed, whether specific T-cell clones expand, and whether suppressive populations are reduced.

Biomarker reconfiguration and new definitions of vaccine response

The analysis demonstrates that conventional response criteria are insufficient for fully evaluating cancer vaccines. Radiographic tumor reduction remains clinically important, but it may not capture the biological activity of vaccines, particularly in the adjuvant or MRD setting.

More informative intermediate endpoints may include:

- Expansion of vaccine-specific T-cell clones;
- Increased T-cell receptor diversity or clonality;
- Interferon-γ and other functional cytokine responses;
- Polyfunctional T-cell activity;
- Intratumoral lymphocyte infiltration;
- Circulating tumor DNA clearance;
- Molecular evidence of minimal residual disease;
- Persistence of antigen-specific memory;
- Reduction in recurrence risk.

Recent clinical-development frameworks specifically call for improved proxies of vaccine efficacy and integrated biospecimen collection to establish mechanistic relationships between vaccination and clinical outcomes. This represents an important methodological shift from outcome-only assessment toward mechanism-linked clinical development.

Manufacturing, scalability, and regulatory translation

The results indicate that clinical translation depends as much on manufacturing infrastructure as on immunological innovation. A fully personalized vaccine requires tumor procurement, sequencing, bioinformatics, HLA characterization, antigen selection, construct design, manufacturing, quality control, release testing, and administration. The entire process must occur rapidly enough to remain clinically relevant. This creates a fundamental tension between personalization and scalability. Fully individualized vaccines maximize molecular specificity but impose high logistical and manufacturing complexity. Shared mutation-specific vaccines offer greater scalability but apply to smaller molecularly defined patient populations.

Recent analyses identify rapid delivery, cost-effective manufacturing, standardization, and regulatory innovation as essential requirements for the maturation of personalized cancer vaccines.

The future innovation should not focus exclusively on vaccine biology. It should encompass manufacturing automation, standardized bioinformatic pipelines, modular production, quality-control harmonization, decentralized sequencing, regulatory standardization, and rapid clinical logistics.

© 2026 ISARC Academy

Nanotechnology and delivery optimization

The results further support the increasing importance of nanotechnology. Effective vaccine delivery requires sufficient antigen exposure to professional antigen-presenting cells while avoiding excessive systemic toxicity. Lipid nanoparticles have become particularly important for mRNA delivery because they facilitate cellular uptake and intracellular release.

Next-generation systems may incorporate co-delivery of neoantigens and immunostimulatory molecules, lymph-node targeting, stimulus-responsive release, or biomimetic characteristics. Recent literature describes lipid-polymer hybrids, biomimetic membranes, and stimulus-responsive systems as emerging approaches to improve antigen presentation and dendritic-cell activation.

The therapeutic significance of this development is substantial because delivery technology may determine whether a theoretically excellent antigen becomes an effective vaccine. Consequently, antigen design and delivery design should be considered inseparable components of vaccine engineering.

In situ vaccination and endogenous tumor antigen utilization

An emerging result is the increasing interest in in situ cancer vaccination, in which the tumor itself becomes an endogenous source of antigen. Unlike conventional personalized vaccines that require predefined antigen identification and individualized manufacturing, in situ approaches attempt to stimulate local antigen release and presentation, potentially exposing the immune system to a broader antigenic repertoire.

This strategy may address several limitations of personalized vaccination simultaneously. Because the tumor supplies its own antigenic repertoire, prior identification of every relevant neoantigen may not be required. Furthermore, the approach may capture neoantigens, tumor-associated antigens, post-translationally modified epitopes, cryptic peptides, and viral antigens in their native context.

Nevertheless, in situ vaccination remains conceptually and clinically distinct from individualized neoantigen vaccination. Its effectiveness depends heavily on the ability to transform the local tumor environment into an effective antigen-presenting and T-cell-priming niche.

Immune memory and durability

Another important finding is that durable immune memory is emerging as a central objective of cancer vaccination. A vaccine that produces a short-lived effector response may have limited clinical value if residual tumor cells remain dormant and later initiate recurrence.

Contemporary neoantigen-vaccine studies indicate that antigen-specific T-cell responses can be durable, potentially persisting for prolonged periods. The biological importance of this finding is particularly high in adjuvant therapy, where the objective is long-term immune surveillance.

The future success of cancer vaccination should therefore be evaluated not simply by the peak magnitude of immune activation but by the persistence, functional quality, and adaptability of the resulting memory compartment.

Safety, specificity, and immunological precision

The results also emphasize the necessity of maintaining high specificity. Neoantigens are attractive because they theoretically distinguish malignant from normal tissues, but prediction errors or molecular mimicry could potentially produce off-target immune effects.

HLA polymorphism further complicates this issue. A peptide may be strongly immunogenic in one HLA context but irrelevant in another. Consequently, personalized vaccines inherently benefit from individual HLA characterization, whereas shared vaccines must demonstrate adequate population coverage.

© 2026 ISARC Academy

The ideal vaccine should therefore maximize the ratio between tumor-specific immune activation and normal-tissue immune recognition. This principle should remain central to computational ranking, functional testing, and clinical monitoring.

Clinical development and the transition toward definitive trials

The overall results demonstrate that the field remains predominantly translational. Although several studies have generated encouraging immune and recurrence-related signals, many clinical programs remain in phase I or phase II. Contemporary reviews emphasize that large-scale randomized trials are necessary to establish whether immunological responses consistently translate into improvements in recurrence-free survival, event-free survival, progression-free survival, or overall survival.

This is particularly important because cancer vaccines have historically produced strong immunological signals without always generating corresponding clinical benefit. The current generation of trials must therefore establish not merely immunogenicity, but clinical causality between vaccine-induced immunity and improved outcomes.

The transition from exploratory studies to pivotal trials will require harmonization of antigen-selection algorithms, manufacturing standards, immune-monitoring procedures, clinical endpoints, and patient-selection criteria.

The systems-level model of vaccine efficacy

Taken collectively, the results suggest that cancer-vaccine efficacy can be represented through an integrated model: Neoantigen quality × antigen presentation × vaccine delivery × innate activation × adaptive expansion × tumor trafficking × microenvironmental permissiveness × immune persistence × appropriate clinical timing = therapeutic potential.

A major implication is that failure at any individual level can substantially reduce overall effectiveness. A high-quality neoantigen cannot compensate for inadequate delivery. Effective delivery cannot compensate for poor antigen selection. Strong T-cell expansion cannot compensate for severe intratumoral immunosuppression. Therefore, future vaccine development should optimize the entire therapeutic cascade rather than maximize a single parameter. This systems perspective explains why contemporary cancer vaccine development increasingly involves multidisciplinary teams. Molecular oncologists identify tumor alterations; bioinformaticians prioritize candidate antigens; immunologists assess T-cell responses; pharmaceutical scientists optimize formulations; nanotechnologists develop delivery systems; oncologists integrate vaccines with systemic therapy; and biostatisticians design adaptive clinical trials.

Reconfiguration of the therapeutic objective

The discussion ultimately indicates that the therapeutic objective itself is changing. Earlier cancer vaccines largely attempted to generate immunity against an established tumor. The emerging paradigm seeks to engineer durable immune surveillance capable of preventing recurrence, controlling minimal residual disease, and potentially intercepting malignant transformation.

This is why early-stage and MRD populations have become increasingly important. The immune system may have a greater probability of controlling small numbers of malignant cells than large, heterogeneous metastatic populations. Recent clinical-development literature explicitly identifies this setting as a strategic priority.

The concept also changes how clinical success should be conceptualized. For a patient with no radiographically measurable disease after surgery, vaccine efficacy may manifest as prevention of

© 2026 ISARC Academy

recurrence rather than tumor shrinkage. Consequently, recurrence-free survival and molecular residual-disease clearance become particularly relevant endpoints.

Molecular Reconfiguration of Cancer Vaccine Science

The first major result is the increasing centrality of molecular characterization in therapeutic vaccine design. Conventional approaches frequently focused on shared tumor-associated antigens that could theoretically be applied across populations of patients with the same malignancy. However, shared antigens may be expressed at variable levels in malignant and normal tissues, potentially limiting tumor specificity and creating challenges associated with immune tolerance. The contemporary emphasis on tumor-specific neoantigens provides a fundamentally different strategy. Neoantigens originate from tumor-specific molecular alterations and can therefore create antigenic determinants that are absent from normal tissues. Their individualized nature makes them particularly attractive for precision immunotherapy.

The increasing availability of next-generation sequencing has substantially expanded the ability to identify candidate neoantigens. Whole-exome sequencing, whole-genome sequencing, RNA sequencing, targeted sequencing panels, HLA typing, and complementary proteomic methodologies can collectively establish a molecular representation of the tumor. The integration of genomic and transcriptomic information is especially important because the mere presence of a somatic alteration does not demonstrate that the corresponding altered protein or peptide is expressed. Consequently, neoantigen discovery increasingly requires an integrated evaluation of mutation occurrence, allelic expression, transcript abundance, peptide generation, HLA binding, antigen presentation, and potential T-cell recognition.

This development indicates that the molecular architecture of a vaccine candidate is becoming increasingly dependent upon the molecular architecture of the tumor itself. The vaccine is no longer necessarily designed first and subsequently administered to a patient; instead, the patient's tumor may become the source of information from which the vaccine is constructed. Such a paradigm creates a highly individualized therapeutic sequence beginning with tumor acquisition, molecular characterization, computational interpretation, antigen prioritization, vaccine manufacturing, immunological administration, and longitudinal response evaluation.

The scientific significance of this transformation extends beyond personalization. Molecular characterization can also reveal the degree of intratumoral heterogeneity and identify whether candidate antigens are clonal or subclonal. Clonal neoantigens theoretically provide broader tumor-cell coverage because they are present across a greater proportion of malignant cells. In contrast, subclonal targets may be restricted to specific tumor populations and could therefore facilitate selective immune pressure and subsequent clonal escape. The distinction between clonal and subclonal antigenicity is consequently becoming increasingly important in vaccine engineering.

Neoantigen Engineering and Antigenic Prioritization

The analysis further demonstrates that neoantigen engineering is evolving from simple computational prediction toward a multidimensional process of antigenic prioritization. Candidate neoantigens must pass through multiple biological filters before they can be considered clinically meaningful. These include the probability that a mutation generates a translated peptide, the likelihood that the peptide undergoes appropriate intracellular processing, its affinity and stability for the patient's HLA molecules, the probability of cell-surface presentation, and the potential for recognition by functional T-cell receptors.

HLA diversity represents a particularly important source of biological complexity. Because antigen presentation is HLA restricted, the same tumor mutation may produce different immunological consequences in different patients. Personalized HLA typing is therefore increasingly relevant to

© 2026 ISARC Academy

neoantigen selection. Computational systems capable of predicting peptide-HLA interactions can reduce the enormous number of theoretical antigenic possibilities to a more manageable group of candidates. Nevertheless, prediction does not establish immunogenicity. Experimental validation remains necessary because peptide-HLA binding, antigen presentation, and T-cell activation represent distinct biological processes.

An important result is therefore the increasing recognition that neoantigen quality may be more consequential than mutation quantity alone. Tumor mutational burden can provide an approximate indication of the number of potential neoantigens, but a high number of mutations does not automatically translate into an equivalent number of clinically relevant targets. The functional characteristics of individual neoantigens, their clonality, expression, HLA presentation, similarity to self-antigens, and capacity to activate T cells may be more directly relevant to vaccine effectiveness.

This observation challenges simplistic assumptions that tumors with high mutational burden will necessarily respond optimally to therapeutic vaccination. Instead, effective precision vaccination requires identification of biologically meaningful antigenic targets. This reinforces the importance of integrating genomic, transcriptomic, immunopeptidomic, structural, and immunological information into antigen-selection algorithms.

Immunogenicity as a Multidimensional Therapeutic Endpoint

A second major result concerns the distinction between antigenicity and immunogenicity. Antigenicity refers broadly to the capacity of a molecular structure to be recognized by the immune system, whereas immunogenicity encompasses the capacity to induce a functional immune response. Cancer vaccine development must therefore optimize multiple stages of the immune-response cascade.

Effective immunogenicity begins with antigen uptake and processing by professional antigen-presenting cells. Dendritic cells subsequently process antigenic material, undergo maturation, express costimulatory molecules, migrate toward lymphoid compartments, and initiate antigen-specific T-cell activation. The magnitude and quality of this process are influenced by innate immune signaling, adjuvant characteristics, cytokine environments, antigen-delivery mechanisms, and the biological state of the host.

The resulting T-cell response is not adequately characterized by enumeration of antigen-specific cells alone. Functional properties such as cytokine production, proliferative capacity, cytotoxicity, persistence, memory differentiation, metabolic fitness, and resistance to suppressive signaling are increasingly relevant. A vaccine that produces a large population of short-lived or dysfunctional lymphocytes may have limited clinical utility, whereas a smaller but durable population of polyfunctional tumor-reactive T cells may contribute to sustained disease control.

The results therefore support a broader definition of vaccine immunogenicity encompassing quantitative, qualitative, spatial, temporal, and functional parameters. Contemporary vaccine development should evaluate whether immune responses are sufficiently broad to recognize heterogeneous tumor populations, sufficiently durable to control residual disease, sufficiently functional to overcome tumor-mediated suppression, and sufficiently specific to minimize off-target immune injury.

Epitope Breadth and Immune Escape

The analysis identifies antigenic breadth as another important determinant of therapeutic robustness. A vaccine targeting only one antigenic epitope may be vulnerable to tumor-cell selection and antigen-loss mechanisms. Tumors are dynamic evolutionary systems, and immune pressure can preferentially eliminate susceptible clones while allowing resistant populations to persist.

© 2026 ISARC Academy

Multi-epitope vaccination provides a potential mechanism for reducing this vulnerability. Simultaneous targeting of multiple neoantigens may increase the probability that a greater proportion of malignant cells remains immunologically recognizable. It may also facilitate epitope spreading, whereby immune-mediated destruction of tumor cells releases additional endogenous antigens that subsequently become targets of adaptive immunity.

Epitope spreading is particularly relevant to therapeutic vaccination because the vaccine-induced response can theoretically initiate a broader endogenous immune cascade. This creates the possibility that a relatively limited number of selected vaccine antigens could trigger a progressively expanding antitumor immune repertoire. However, this process is biologically variable and may be constrained by antigen presentation, immune tolerance, tumor heterogeneity, and immunosuppressive signaling.

The results therefore suggest that successful vaccine design should balance antigenic breadth with manufacturing feasibility and immunological focus. Increasing the number of epitopes does not automatically guarantee superior efficacy. Excessive antigenic complexity could produce competition between epitopes, variable immunodominance, inefficient immune processing, or manufacturing complications. Rational multi-epitope design should therefore prioritize complementary antigenic targets with demonstrable biological relevance.

Tumor-Microenvironmental Constraints

One of the most important findings is that vaccine-induced immunity cannot be interpreted independently of the tumor microenvironment. Malignant tissue represents a complex immunological ecosystem rather than a passive collection of antigen-bearing cells. Tumor-associated macrophages, regulatory T cells, myeloid-derived suppressor cells, cancer-associated fibroblasts, abnormal endothelial cells, suppressive cytokines, metabolic alterations, extracellular-matrix components, and inhibitory receptor-ligand interactions can collectively restrict immune-cell activity.

Consequently, a vaccine can generate a strong systemic immune response without producing equivalent tumor regression. This phenomenon demonstrates that immune priming and tumor control represent distinct biological stages. The first concerns the generation of tumor-reactive lymphocytes; the second requires those lymphocytes to traffic into malignant tissue and retain their effector function.

The tumor microenvironment can inhibit these processes through several mechanisms. Aberrant vasculature may impair lymphocyte trafficking. Dense extracellular matrix can limit cellular penetration. Hypoxia can alter immune-cell metabolism and function. Tumor-associated metabolic competition can deprive infiltrating lymphocytes of essential nutrients. Immunosuppressive metabolites and cytokines can further compromise T-cell functionality. Checkpoint receptor engagement can induce progressive functional exhaustion.

Therefore, the results support the conceptualization of therapeutic cancer vaccination as a two-stage or multi-stage intervention: first, generation of tumor-specific immunity; second, creation of a tissue environment capable of permitting that immunity to operate effectively.

Immune-Checkpoint Integration

The convergence between therapeutic vaccination and immune-checkpoint inhibition represents one of the most important developments in precision immunotherapy. Vaccine-generated T cells may enter a tumor and subsequently encounter inhibitory pathways that limit their cytotoxic activity. Immune-checkpoint inhibitors can potentially release some of these inhibitory constraints, creating a complementary therapeutic relationship.

The biological rationale for combination therapy is consequently stronger than the use of either intervention in isolation in selected contexts. Vaccination can increase the frequency and specificity of tumor-reactive T cells, whereas checkpoint blockade may enhance their functional activity or

© 2026 ISARC Academy

persistence. The combination may therefore address two different stages of the immune-response pathway.

However, the results also demonstrate that combination therapy should not be interpreted as universally synergistic. Increased immune activation may increase immune-related toxicity, treatment discontinuation, and inflammatory complications. Moreover, if the tumor lacks sufficient antigenicity or antigen presentation, checkpoint blockade may have limited substrate upon which to act. Conversely, if vaccine-induced immunity is already strong but the tumor remains profoundly immunosuppressive, additional microenvironmental interventions may be required.

Precision combination strategies should therefore be guided by biological biomarkers rather than generalized assumptions about synergy.

RNA-Based Vaccine Platforms

The development of messenger RNA and other nucleic-acid-based technologies represents another major area of transformation. RNA platforms offer several potential advantages for individualized vaccine development, including rapid sequence redesign, relatively flexible manufacturing, and the ability to encode multiple antigenic determinants within a single construct.

The modularity of RNA-based platforms is particularly relevant to neoantigen vaccination. Once candidate neoantigens have been identified, encoded sequences can theoretically be incorporated into an individualized construct without requiring the development of an entirely new conventional biologic manufacturing process. This characteristic creates opportunities for shortening the interval between molecular diagnosis and treatment.

Nevertheless, RNA vaccine performance depends upon numerous molecular parameters, including RNA stability, intracellular delivery, translation efficiency, innate immune sensing, formulation characteristics, and antigen-expression kinetics. Excessive innate immune activation may interfere with translation or generate inflammatory effects that are not therapeutically advantageous. Consequently, molecular engineering must balance innate immunostimulation with efficient antigen expression.

Lipid nanoparticle technology and related delivery systems further contribute to this platform evolution. Nanoparticle formulations can protect nucleic acids from degradation, facilitate cellular uptake, and influence biodistribution. However, formulation composition, particle size, tissue distribution, manufacturing consistency, and immunological effects remain important translational considerations.

Dendritic-Cell Vaccination

Dendritic-cell-based vaccines represent a different but conceptually related strategy. Rather than relying entirely upon endogenous antigen processing after systemic administration, dendritic cells can be manipulated ex vivo to present selected tumor-associated or tumor-specific antigens before being reintroduced into the patient.

The principal advantage of this approach is the possibility of controlling several parameters of antigen presentation and dendritic-cell maturation. However, personalized cell-based manufacturing is technically complex, resource intensive, and dependent upon standardized cellular-processing procedures. Variability in cell phenotype, antigen-loading efficiency, maturation status, viability, and functional potency can influence therapeutic outcomes.

The broader lesson from dendritic-cell vaccination is that cellular engineering may provide powerful opportunities for immune programming but requires sophisticated manufacturing infrastructure. Future platforms may increasingly combine cellular and molecular engineering approaches to achieve more predictable immune activation.

© 2026 ISARC Academy

Nanotechnology and Controlled Antigen Delivery

Nanotechnology provides an additional avenue for reconfiguring vaccine delivery. Nanoparticles may influence antigen stability, cellular uptake, lymphatic drainage, biodistribution, and immune-cell interaction. Their physicochemical properties can be engineered to influence where and how antigens are delivered.

The use of nanoparticles may be particularly valuable when antigens or nucleic acids possess unfavorable pharmacokinetic characteristics. Encapsulation can protect vulnerable molecules while facilitating delivery to antigen-presenting cells. Surface modifications may further alter tissue targeting and cellular uptake.

However, nanomedicine introduces its own regulatory and pharmacological complexities. Manufacturing reproducibility, particle characterization, long-term stability, biodistribution, immunotoxicity, and potential accumulation require careful assessment. Consequently, technological sophistication must be accompanied by equally sophisticated quality-control and safety frameworks.

Tumor Heterogeneity and Adaptive Vaccination

Tumor heterogeneity remains one of the most persistent barriers to precision cancer vaccination. Genetically distinct malignant subclones may coexist within a single tumor and may evolve during treatment. Consequently, a vaccine constructed from a baseline tumor sample may not completely represent the molecular landscape of progressive disease.

This finding supports the development of longitudinally adaptive vaccination strategies. Repeated tumor or liquid-biopsy analyses may permit identification of newly emerging clones, antigen-loss variants, or treatment-selected molecular changes. Vaccine composition could theoretically be modified in response to these alterations.

Liquid biopsy technologies may become particularly relevant because circulating tumor DNA can provide molecular information without repeated invasive tissue sampling. Although sensitivity and biological interpretation remain important considerations, longitudinal circulating tumor DNA analysis may contribute to dynamic molecular surveillance.

Adaptive vaccination therefore represents a conceptual extension of personalized medicine: personalization is not necessarily a one-time process but may become continuous. The therapeutic product could evolve in response to the evolving tumor.

Immunological Memory and Long-Term Disease Control

A major objective of cancer vaccination is the establishment of durable immune memory. Unlike short-term cytotoxic therapies, vaccination has the theoretical capacity to create persistent populations of antigen-specific memory cells capable of responding to future tumor recurrence.

The quality of memory formation is influenced by antigen exposure, inflammatory context, T-cell differentiation, metabolic programming, cytokine signaling, and the persistence or disappearance of tumor antigen. Central memory, effector memory, tissue-resident memory, and other differentiated populations may contribute differently to long-term tumor surveillance.

The results therefore suggest that vaccine evaluation should extend beyond immediate tumor response. Durable disease control, recurrence-free survival, immunological persistence, and the capacity for rapid secondary immune responses may represent important long-term outcomes. Clinical trials should consequently incorporate longitudinal immune monitoring rather than relying exclusively upon early radiographic response.

© 2026 ISARC Academy

Precision Biomarkers and Patient Stratification

The increasing complexity of cancer vaccination makes biomarker-guided patient selection indispensable. Potential biomarkers include tumor mutational burden, HLA genotype, neoantigen burden, antigen clonality, immune-cell infiltration, checkpoint expression, mismatch-repair status, microsatellite instability, transcriptional immune signatures, and measures of antigen presentation.

No single biomarker is likely to fully characterize vaccine responsiveness because the therapeutic mechanism involves multiple biological levels. An individual may possess numerous predicted neoantigens but have poor antigen presentation or profound immune suppression. Conversely, a tumor with a more limited mutational burden may contain highly immunogenic clonal targets.

Multidimensional biomarker models may therefore provide greater predictive value. Integration of genomic, transcriptomic, immunological, clinical, and pharmacological variables could facilitate more precise patient stratification.

Artificial Intelligence and Computational Immuno-Oncology

Artificial intelligence has emerged as a potentially transformative component of cancer vaccine development. Computational systems can process large-scale genomic and immunological datasets that would be difficult to analyze manually. Machine-learning approaches may assist with neoantigen prediction, HLA binding, antigen presentation, T-cell receptor recognition, biomarker discovery, and treatment-response modelling.

The results nevertheless indicate that artificial intelligence should function as an augmentation tool rather than a replacement for experimental validation. Predictive models are influenced by their training datasets, and insufficient representation of diverse populations may produce biased or poorly generalizable predictions. Furthermore, biological systems contain nonlinear interactions that may not be fully captured by computational models.

The future value of artificial intelligence will therefore depend on integrated computational-experimental workflows. Algorithmic predictions should be tested through immunopeptidomics, functional T-cell assays, cellular models, and appropriately designed clinical studies.

Single-Cell and Spatial Technologies

Single-cell sequencing and spatial profiling are increasingly important for understanding why vaccine-generated immune responses succeed in some tumors but fail in others. Conventional bulk analyses can obscure substantial cellular heterogeneity. Single-cell technologies can characterize individual immune and malignant cell populations, including their transcriptional states, receptor repertoires, differentiation trajectories, and functional programs.

Spatial technologies add information regarding cellular localization and tissue architecture. A vaccine-induced T-cell population may be present within a tumor but spatially separated from malignant cells by stromal barriers or localized within immunosuppressive niches.

These technologies therefore offer opportunities to move from simple enumeration of immune cells toward functional and spatial interpretation of immune responses. Such information may help identify mechanisms of treatment resistance and guide rational microenvironment-modifying combinations.

Pharmacological Integration of Cancer Vaccination

Cancer vaccination is increasingly integrated into pharmacological treatment architectures rather than administered as an isolated therapeutic modality. Clinical pharmacology contributes to dose selection,

© 2026 ISARC Academy

treatment sequencing, pharmacodynamic assessment, adverse-event interpretation, and combination optimization.

Combination regimens involving vaccines and immune-checkpoint inhibitors require careful consideration of timing. Sequential administration may generate different biological outcomes from concurrent treatment. Cytotoxic chemotherapy can potentially reduce immunosuppressive tumor populations or increase antigen release, while radiotherapy may promote immunogenic cell death and enhance antigen availability. Targeted therapies can modify signaling pathways involved in tumor survival and immune regulation.

The optimal combination therefore depends upon mechanistic complementarity. Pharmacodynamic biomarkers may help determine whether the intended biological effect is occurring and whether treatment should be continued, modified, or discontinued.

Pharmacovigilance and Safety Surveillance

The analysis further identifies pharmacovigilance as a necessary component of modern therapeutic cancer vaccine development. Personalized immunotherapies may generate adverse events that differ in timing, mechanism, and severity from conventional pharmacological treatments.

Immune-mediated toxicities are particularly relevant when vaccines are combined with checkpoint inhibitors or other immune-activating interventions. Local inflammatory reactions, systemic cytokine effects, autoimmune phenomena, and delayed immune-related events require appropriate monitoring.

Real-world evidence can complement clinical-trial safety data by capturing rare events, diverse patient populations, long-term exposures, and complex treatment combinations. Pharmacovigilance databases can facilitate signal detection, but signals must subsequently undergo clinical and biological validation to determine whether associations are causal, confounded, or coincidental. An integrated safety architecture should therefore combine spontaneous reporting, electronic health records, prospective surveillance, laboratory monitoring, mechanistic investigation, and longitudinal patient follow-up.

Clinical Translation and Manufacturing

One of the strongest translational findings is that the scientific feasibility of personalized cancer vaccination is inseparable from manufacturing infrastructure. Personalized products require coordination between diagnostic sequencing, computational analysis, antigen selection, construct production, quality control, clinical scheduling, and administration.

Manufacturing delays can be particularly consequential in aggressive malignancies. Consequently, technological advances that reduce the time from biopsy to vaccine administration may have substantial clinical relevance.

Automation, standardized sequencing pipelines, validated computational platforms, modular manufacturing systems, and quality-control procedures could facilitate scalability. Centralized manufacturing may provide greater standardization, whereas decentralized production could potentially reduce logistical delays. Each model has advantages and limitations requiring regulatory and economic assessment.

The field therefore faces an important challenge: individualized medicine must become sufficiently standardized to remain reproducible without eliminating the biological personalization that defines its therapeutic rationale.

© 2026 ISARC Academy

Regulatory and Evidence-Generation Challenges

Personalized cancer vaccines create a distinctive regulatory environment because each patient's therapeutic construct may differ in molecular composition. Conventional frameworks based on uniform drug products may not directly map onto individualized vaccine platforms.

Regulatory systems must therefore evaluate manufacturing consistency, analytical quality, identity, purity, potency, safety, and clinical efficacy while accommodating individualized molecular content. Standardized manufacturing processes and predefined quality criteria may become increasingly important. Clinical evidence generation presents a related challenge. Personalized interventions can be difficult to evaluate using conventional randomized designs because each patient may receive a molecularly distinct treatment. Adaptive trial methodologies, biomarker-enriched populations, platform trials, master protocols, and integrated molecular endpoints may provide more appropriate approaches.

Equity, Accessibility, and Health-System Implementation

The technological sophistication of precision cancer vaccines also introduces questions of affordability and accessibility. Sequencing, computational infrastructure, personalized manufacturing, immunological testing, and repeated molecular monitoring can require substantial resources.

If these technologies remain concentrated in highly specialized centers, their clinical benefits may be unevenly distributed. Health-system implementation therefore requires attention to infrastructure, workforce development, reimbursement mechanisms, laboratory capacity, regulatory harmonization, and equitable access.

Precision medicine should consequently be evaluated not only according to biological sophistication but also according to feasibility within real healthcare systems. The ultimate translational value of cancer vaccination depends on whether clinically meaningful benefits can be delivered safely, reproducibly, and equitably.

Integration of Multi-Omics and Systems Immunology

The combined findings strongly support a systems-level model of cancer vaccine development. Genomics identifies candidate mutations; transcriptomics establishes expression; epigenomics provides information about regulatory activity; proteomics evaluates protein-level consequences; immunopeptidomics assesses antigen presentation; single-cell technologies characterize cellular heterogeneity; spatial profiling determines tissue organization; and clinical pharmacology provides treatment-response information.

The integration of these datasets creates a multidimensional molecular representation of the tumor-immune ecosystem. Such representation can potentially improve antigen prioritization, patient selection, treatment combination, and longitudinal monitoring. However, data integration introduces computational and methodological challenges. Different platforms have distinct analytical pipelines, measurement errors, batch effects, and biological assumptions. Standardization and interoperability are therefore essential.

Reconfiguration Toward Adaptive Precision Immunotherapy

The cumulative results indicate that the future of cancer vaccination is likely to be adaptive rather than static. Tumors evolve, immune responses change, and treatment pressures reshape the molecular landscape. A vaccine designed at diagnosis may therefore not remain optimal throughout the entire disease trajectory. Adaptive precision immunotherapy would incorporate serial molecular assessment, immunological monitoring, response evaluation, and potentially modification of antigenic composition. Such a strategy resembles an iterative therapeutic-feedback system in which biological information

© 2026 ISARC Academy

continuously informs treatment design. This approach may ultimately blur the boundaries between diagnostics and therapeutics. Molecular diagnostics would not simply establish a diagnosis but continuously guide the composition and timing of therapeutic intervention.

Immune Activation and Mechanistic Insights

Therapeutic anticancer vaccines are designed to harness the adaptive immune system, particularly T-cell-mediated cytotoxicity, to recognize and eliminate tumor cells. These vaccines prime dendritic cells and other antigen-presenting cells to present tumor antigens, initiating activation of $CD4^+$ helper and $CD8^+$ cytotoxic T lymphocytes, which subsequently infiltrate tumor tissue and induce tumor cell apoptosis (Revolutionizing cancer treatment, 2024; see turn0search12). Mechanistically, tumor neoantigens—abnormal proteins generated by somatic mutations—serve as highly specific targets, capable of eliciting strong antigen-specific T-cell responses that distinguish malignant cells from normal tissues (therapeutic cancer vaccines: biological mechanisms, 2022; see turn0search9).

Advances in antigen discovery have expanded beyond traditional tumor-associated antigens to include cryptic and patient-specific neoepitopes, enhancing immunogenic potential and reducing off-target effects (Eliciting antitumor immunity via therapeutic cancer vaccines, 2024; see turn0search13). Furthermore, mRNA and DNA platforms allow endogenous antigen expression within host cells, thereby improving antigen processing and presentation efficiency (Cancer Vaccines: Mechanisms, Clinical Applications, Challenges, and Future Directions, 2025; see turn0search2). Novel delivery systems—including lipid nanoparticles—have been optimized to protect nucleic acids and deliver encoded antigens efficiently to lymphoid tissues, amplifying T-cell priming (Therapeutic cancer vaccines: From biological mechanisms, 2022; see turn0search9).

Translational and Clinical Applications

Clinical evaluation of cancer vaccines has demonstrated safety and immunogenicity across multiple platforms and malignancies. Personalized vaccines that target neoantigens identified by tumor exome sequencing have entered phase I/II trials, showing feasibility and the capacity to induce durable anti-tumor immune responses (Personalized Cancer Vaccines: Clinical Landscape, 2020; see turn0search0). For example, early studies of individualized mRNA vaccines have shown promising efficacy in melanoma when combined with checkpoint inhibition, reducing recurrence risk beyond standard therapies, albeit in early-phase settings (Moderna’s personalized mRNA cancer vaccine in melanoma; see turn0news25).

Personalized vaccines also show clinical promise in heterogeneous cancers such as hepatocellular carcinoma, where neoantigen-based vaccines combined with PD-1 blockade achieved objective tumor shrinkage in preliminary trials, suggesting synergy with immune checkpoint therapies (Geneos cancer vaccine small trial, 2024; see turn0news28). Despite encouraging results, most vaccine candidates are still under investigation, and well-powered, randomized phase III trials are required to substantiate clinical efficacy across different tumor types.

Therapeutic Optimization and Emerging Strategies

Emerging insights highlight the need to optimize vaccine platforms to overcome tumor immunosuppression and maximize therapeutic responses. Strategies include the use of multiepitope vaccines to broaden T-cell repertoires, potent adjuvants to enhance innate immune activation, and combination regimens with checkpoint inhibitors or adoptive cell therapies to counteract inhibitory signals within the tumor microenvironment (Eliciting antitumor immunity via therapeutic cancer vaccines, 2024; see turn0search13). Precision vaccine design also increasingly leverages bioinformatic pipelines to predict high-affinity neoantigens and prioritize immunogenic targets, thereby improving translational success (ImmunoNX workflow for personalized trials, 2025; see turn0academia29).

© 2026 ISARC Academy

Despite these advancements, production timelines, manufacturing cost, and tumor heterogeneity remain significant challenges. Personalized vaccines require individualized sequencing, antigen selection, and custom formulation, processes that can delay treatment initiation and complicate large-scale implementation in rapidly progressing diseases (Recent findings on therapeutic cancer vaccines, 2022; see turn0search5). Additionally, the heterogeneous nature of tumors may permit immune escape if not all relevant neoantigens are targeted (Recent findings, 2022; see turn0search5).

Clinical Implications and Future Directions

Cancer vaccination represents a paradigm shift toward precision immunotherapy in oncology. Unlike cytotoxic therapies, vaccines aim to modulate immune surveillance with minimal systemic toxicity and potential for long-term immunologic memory. Preventive vaccines like HPV immunization have already demonstrated significant reductions in virus-associated cancers; therapeutic vaccines aspire to achieve similar milestones in established malignancies through individualized strategies (Cancer Vaccines: Mechanisms, Clinical Applications, Challenges, and Future Directions, 2025; see turn0search2).

Emerging clinical approaches will likely integrate vaccine administration earlier in treatment courses, potentially as adjuvant therapy to eliminate residual disease or to maintain remission (Molecular targets and strategies in nucleic acid cancer vaccines, 2024; see turn0search4). The combination of vaccines with metabolic modulators or novel immune agonists may further enhance antitumor activity and modulate immune evasion pathways, expanding the breadth of cancers amenable to vaccine-based therapy.

The anticancer vaccines embody a multifaceted and rapidly evolving domain within oncology. Continued innovation in antigen identification, delivery platforms, and combination strategies will be necessary to realize their full potential in clinical practice and personalized therapeutic regimens.

The clinical implications of this reconfiguration are substantial. Cancer vaccines may increasingly become integrated with molecular tumor boards, comprehensive genomic profiling, immunological biomarker assessment, targeted therapy, immune-checkpoint inhibition, cellular therapy, and radiation oncology.

The physician's role may consequently expand from selecting among standardized treatments toward interpreting multidimensional molecular information and coordinating individualized therapeutic strategies. Multidisciplinary collaboration among medical oncologists, clinical pharmacologists, immunologists, molecular pathologists, bioinformaticians, genetic counselors, pharmacists, laboratory scientists, and biotechnology specialists will become increasingly important.

Professional education must evolve accordingly. Contemporary oncology requires familiarity not only with traditional pharmacology and clinical medicine but also with genomic medicine, immunobiology, computational analytics, biomarker interpretation, pharmacovigilance, and ethical considerations associated with personalized therapeutics.

The future trajectory of cancer vaccine science will likely depend upon simultaneous progress across several technological domains. Improved sequencing will expand molecular resolution; computational biology will enhance neoantigen prediction; synthetic biology will facilitate increasingly sophisticated constructs; nanotechnology will improve delivery; single-cell and spatial platforms will clarify immune mechanisms; artificial intelligence will accelerate multidimensional data interpretation; and adaptive trial designs will facilitate clinical evaluation.

The convergence of these technologies creates the possibility of highly individualized immunotherapeutic systems capable of adapting to tumor evolution. Nevertheless, technological expansion should remain anchored in evidence generation, biological validation, patient safety, and clinically meaningful outcomes.

The field must therefore avoid equating technological complexity with therapeutic superiority. The central objective remains demonstrable improvement in patient outcomes. Every molecular innovation

© 2026 ISARC Academy

must ultimately be evaluated according to whether it increases clinically relevant efficacy, improves durability of disease control, reduces toxicity, improves quality of life, or expands therapeutic options for patients who lack effective alternatives.

Integrated Interpretation

Collectively, the results support a conceptual model in which cancer vaccine science is reconfigured across five interconnected biological layers. The first is molecular identification, involving genomic, transcriptomic, epigenomic, proteomic, and immunopeptidomic characterization. The second is antigenic engineering, involving neoantigen selection, epitope prioritization, molecular construction, and delivery-platform optimization. The third is immune activation, involving antigen presentation, dendritic-cell maturation, T-cell priming, expansion, memory formation, and functional maturation. The fourth **is** tumor-ecosystem modulation**,** involving alteration of immune checkpoints, suppressive cellular populations, metabolism, vasculature, and stromal barriers. The fifth is clinical adaptation, involving biomarker-guided treatment selection, pharmacological integration, safety surveillance, longitudinal molecular monitoring, and modification of therapy in response to tumor evolution.

This framework illustrates why contemporary cancer vaccine science cannot be adequately represented by the traditional concept of vaccination alone. It is increasingly an integrated translational discipline connecting molecular diagnostics, immunoengineering, clinical pharmacology, computational medicine, and therapeutic oncology.

The central scientific finding is that the effectiveness of a cancer vaccine depends upon alignment across these layers. High-quality neoantigen identification is insufficient if antigen presentation is defective. Strong immunogenicity is insufficient if tumor infiltration is impaired. Effective T-cell infiltration is insufficient if checkpoint signaling produces functional exhaustion. Immune activation is insufficient if treatment-related toxicity prevents therapeutic continuation. Similarly, an excellent molecular design may have limited clinical impact if manufacturing delays prevent timely administration.

Thus, therapeutic success requires coordinated optimization rather than isolated technological improvement.

The emerging model is consequently one of precision immune orchestration**,** in which tumor molecular characteristics, antigenic architecture, immune-cell biology, microenvironmental conditions, pharmacological interventions, and clinical decision-making are integrated into a dynamic therapeutic system. This represents a significant departure from conventional treatment paradigms in which therapeutic selection is primarily determined by histological classification and disease stage.

Cancer vaccine science is therefore becoming increasingly molecularly individualized, computationally enabled, immunologically adaptive, pharmacologically integrated, and clinically translational. The emergence of neoantigen engineering provides a mechanism for achieving tumor specificity; advanced delivery platforms provide technological flexibility; immune-checkpoint modulation and microenvironmental interventions provide mechanisms for overcoming resistance; multi-omics and artificial intelligence provide increasingly sophisticated decision-support capabilities; and longitudinal pharmacovigilance provides a framework for evaluating safety throughout the treatment lifecycle.

At the same time, several unresolved challenges remain. Neoantigen prediction continues to face uncertainty regarding immunogenicity validation. Tumor heterogeneity limits the durability of single-time-point molecular profiling. Immune suppression can neutralize otherwise potent vaccine-induced responses. Personalized manufacturing remains resource intensive. Clinical trial methodology must evolve to evaluate individualized products appropriately. Regulatory systems must accommodate molecularly variable interventions. Finally, equitable access remains essential if precision immunotherapy is to become a meaningful component of global oncology rather than a highly specialized intervention restricted to technologically advanced healthcare environments.

© 2026 ISARC Academy

The evidence consequently supports a future-oriented vision in which therapeutic cancer vaccines function as adaptive components of precision oncology rather than isolated immunological products. Their development increasingly requires the integration of molecular diagnostics, immunological engineering, computational prediction, pharmacological optimization, clinical translation, and real-world safety surveillance. The most consequential advances are likely to arise not from a single technological innovation but from the coordinated convergence of these disciplines.

The reconfiguration of cancer vaccine science represents a transition from empirically designed immunostimulation toward rationally engineered, biomarker-informed, patient-specific immune intervention. Neoantigen engineering establishes molecular specificity; precision immunotherapy establishes individualized therapeutic selection; tumor-microenvironment modulation addresses biological resistance; advanced molecular design improves delivery and immunogenicity; computational systems accelerate discovery; and clinical pharmacology and pharmacovigilance support therapeutic optimization and safety.

The future success of this field will ultimately depend upon its capacity to transform molecular information into reproducible clinical benefit. The central translational objective is therefore not simply to generate stronger immune responses but to construct integrated therapeutic systems capable of producing durable, clinically meaningful, and safely manageable antitumor immunity. Cancer vaccine science is consequently positioned at a critical intersection between molecular oncology and immune engineering, with the potential to reshape the conceptual architecture of individualized cancer treatment through increasingly adaptive, evidence-informed, and biologically precise therapeutic strategies.

Melanoma

Melanoma remains the most extensively studied solid tumor in the context of therapeutic cancer vaccines. Its high mutational burden generates a broad array of neoantigens, making it particularly amenable to personalized immunotherapy approaches (Ott et al., 2017; Sahin et al., 2020). Neoantigen-based vaccines, particularly those delivered via mRNA platforms, have demonstrated the ability to induce robust $CD4^+$ and $CD8^+$ T-cell responses, correlating with delayed disease progression and prolonged recurrence-free survival in early-phase clinical trials (Sahin et al., 2020; Keskin et al., 2019). Recent studies have shown that combining personalized melanoma vaccines with checkpoint inhibitors, such as anti-PD-1 antibodies, synergistically enhances T-cell infiltration and cytotoxic activity within the tumor microenvironment, leading to improved objective response rates (Ott et al., 2017; Sahin et al., 2020).

Emerging evidence also highlights the role of dendritic cell-based vaccines in melanoma. Ex vivo-loaded dendritic cells presenting patient-specific neoantigens have elicited measurable immunologic responses, with some studies reporting durable clinical benefit in patients with high-risk resected melanoma (Palucka & Banchereau, 2013). These findings support the concept that melanoma vaccines not only stimulate adaptive immunity but may also induce immune memory capable of controlling micrometastatic disease (Schumacher & Schreiber, 2015).

Despite these advances, challenges remain, including tumor heterogeneity, immune evasion mechanisms, and the time-intensive process of neoantigen identification and vaccine production. Innovative approaches, such as AI-driven neoantigen prediction and multi-epitope design, are being explored to enhance immunogenicity and expedite vaccine development (Balachandran et al., 2017).

Pancreatic Cancer

Pancreatic ductal adenocarcinoma (PDAC) is historically resistant to immunotherapy due to its immunosuppressive tumor microenvironment, desmoplastic stroma, and low intrinsic immunogenicity (Royal et al., 2010). Nevertheless, recent efforts to develop anticancer vaccines have focused on identifying shared tumor-associated antigens, such as MUC1, WT1, and mesothelin, as potential

© 2026 ISARC Academy

immunologic targets (Baxevanis et al., 2017). Peptide- and dendritic cell-based vaccines targeting these antigens have demonstrated modest but significant T-cell responses in early-phase trials, indicating the feasibility of vaccine-mediated immune activation even in poorly immunogenic tumors (Jiang et al., 2020).

Combination strategies are pivotal in pancreatic cancer. Recent clinical studies show that vaccines, when combined with checkpoint blockade or chemotherapeutic priming, may partially overcome immune exclusion and desmoplasia-associated barriers (Lutz et al., 2014). For instance, GVAX, a GM-CSF-secreting whole-cell pancreatic cancer vaccine, administered prior to immune checkpoint therapy, increased the infiltration of $CD8^+$ T-cells and enhanced anti-tumor activity (Le et al., 2020). Additionally, the integration of personalized neoantigen vaccines, guided by tumor exome sequencing, is being investigated to tailor immune responses to patient-specific mutational profiles, although clinical data remain preliminary.

Challenges for PDAC vaccines include antigen heterogeneity, immunosuppressive stromal components, and the rapid progression of disease, which necessitates accelerated vaccine development pipelines. Emerging strategies, such as the use of nanoparticle-based delivery systems and combination with TGF-β inhibitors, are being explored to improve efficacy (Bear et al., 2020).

Non-Small Cell Lung Cancer (NSCLC)

NSCLC presents a heterogeneous landscape for vaccine therapy, with variable mutational burden and immune contexture. Tumor-specific neoantigens, such as KRAS and EGFR mutations, provide potential targets for personalized vaccination (Ott et al., 2017). Peptide- and DNA-based vaccines have been evaluated in early-phase trials, demonstrating induction of antigen-specific T-cell responses and, in some cases, prolonged progression-free survival (Butts et al., 2005).

Emerging clinical evidence emphasizes the synergistic potential of combining NSCLC vaccines with checkpoint inhibitors or conventional therapies. For example, TG4010, a MUC1-targeting viral vector vaccine, administered with chemotherapy and anti-PD-1 therapy, has been shown to increase overall response rates and extend progression-free survival in select patient subgroups (Quoix et al., 2011). Similarly, ongoing trials with personalized mRNA vaccines targeting patient-specific neoantigens suggest promising immunogenicity and safety profiles, though definitive phase III efficacy data are pending (Sahin et al., 2020).

The immunosuppressive tumor microenvironment in NSCLC, characterized by high levels of regulatory T-cells and myeloid-derived suppressor cells, remains a barrier to vaccine efficacy. Strategies to modulate this environment, such as combining vaccines with cytokine modulators or metabolic inhibitors, are under investigation to enhance T-cell infiltration and functionality (Jiang et al., 2021).

Hepatocellular Carcinoma (HCC)

HCC is particularly challenging due to its etiological heterogeneity, background cirrhosis, and immune tolerance mechanisms. Tumor-associated antigens such as alpha-fetoprotein (AFP), glypican-3 (GPC3), and NY-ESO-1 have been identified as vaccine targets (Butterfield, 2015). Clinical trials using peptide vaccines targeting AFP and GPC3 have demonstrated immunogenicity, with induction of antigen-specific cytotoxic T-lymphocytes and occasional tumor regression (Kudo et al., 2020).

Recent innovations include personalized neoantigen vaccines combined with checkpoint inhibitors, aiming to overcome HCC's immunotolerant milieu. Early-phase trials indicate that such combinations can enhance intratumoral T-cell infiltration and cytokine production, translating into improved disease control in select patients (Zhu et al., 2021). Moreover, multi-epitope vaccines designed to target both viral and tumor antigens in HBV- and HCV-related HCC are under evaluation, highlighting the potential of integrated immunotherapeutic strategies.

© 2026 ISARC Academy

Challenges remain significant, including immune suppression due to chronic liver disease, tumor heterogeneity, and limited response durability. Nanoparticle-mediated delivery and adjuvant optimization are being explored to enhance vaccine uptake and immunogenicity in this context (Butterfield, 2015).

Triple-Negative Breast Cancer (TNBC)

TNBC is defined by the absence of estrogen receptor, progesterone receptor, and HER2 expression, and is associated with aggressive clinical behavior and limited targeted treatment options. Its heterogeneous mutational landscape makes it a candidate for personalized immunotherapy. Neoantigen identification through tumor sequencing has enabled the development of patient-specific vaccines, particularly using mRNA and peptide platforms (Mittendorf et al., 2014).

Emerging evidence suggests that TNBC vaccines are most effective when combined with checkpoint inhibitors, such as anti-PD-1 or anti-PD-L1 antibodies, which counteract the immunosuppressive tumor microenvironment (Emens et al., 2019). Early-phase trials demonstrate the induction of durable $CD8^+$ T-cell responses and partial tumor regression, particularly in patients with high tumor-infiltrating lymphocyte counts. Moreover, the combination of vaccines with conventional chemotherapy may prime the immune system, enhancing antigen presentation and improving subsequent vaccine efficacy (Emens et al., 2019).

Challenges for TNBC vaccines include high intratumoral heterogeneity, rapid tumor progression, and immunoediting leading to antigen loss. Advanced strategies, including multi-epitope vaccines, personalized neoantigen selection, and integration with immunomodulatory adjuvants, are under investigation to improve clinical outcomes and generate durable anti-tumor immunity (Mittendorf et al., 2014).

Cross-Tumor Insights and Emerging Trends

Across all tumor types, several themes emerge:

- **Personalized Vaccination**: Neoantigen-based personalized vaccines consistently demonstrate enhanced immunogenicity compared to shared antigen approaches, highlighting the importance of individualized therapy (Sahin et al., 2020; Ott et al., 2017).
- **Combination Strategies**: Vaccines achieve maximal efficacy when combined with checkpoint blockade, chemotherapy, or targeted therapies to modulate immune suppression and improve T-cell infiltration (Emens et al., 2019; Lutz et al., 2014).
- **Delivery Innovations**: mRNA vaccines, lipid nanoparticles, viral vectors, and dendritic cell platforms provide flexible delivery options that enhance antigen presentation and T-cell priming (Keskin et al., 2019; Sahin et al., 2020).
- **Emerging Clinical Evidence**: Early-phase trials across melanoma, NSCLC, TNBC, pancreatic cancer, and HCC indicate safety, immunogenicity, and preliminary efficacy, though robust phase III outcomes remain limited.
- **Challenges and Limitations**: Tumor heterogeneity, immune evasion, microenvironmental suppression, manufacturing constraints, and cost remain barriers to widespread clinical implementation.

The anticancer vaccines across these five tumor types demonstrate a convergence of translational innovation, clinical promise, and mechanistic understanding. Continued research in neoantigen identification, combination strategies, delivery technologies, and immune modulation is essential to fully realize their therapeutic potential in oncology.

© 2026 ISARC Academy

❖ Integrated Advances in Anticancer Vaccine Platforms

Nucleic Acid–Based Vaccine Innovations

Recent progress in nucleic acid–based vaccine technologies, particularly mRNA and DNA platforms, has significantly influenced the therapeutic vaccine landscape across multiple tumor types. mRNA vaccines elicit antigen production endogenously, maximizing major histocompatibility complex (MHC) class I and II presentation, thereby facilitating robust $CD8^+$ cytotoxic and $CD4^+$ helper T-cell activation (Sahin et al., 2020). The inherent flexibility of mRNA constructs allows rapid customization to patient-specific neoantigens, a feature that has been particularly advantageous in malignancies with heterogeneous mutational profiles such as melanoma and NSCLC (Ott et al., 2017; Sahin et al., 2020).

mRNA vaccines have also provided key insights into delivery system optimization. The use of lipid nanoparticle (LNP) encapsulation enhances stability and cellular uptake, enabling efficient antigen expression in professional antigen-presenting cells (Pardi et al., 2018). Preclinical studies demonstrate that optimization of LNP composition influences biodistribution and immune activation, with newer ionizable lipids showing improved endosomal escape and potentiation of innate immune signaling necessary for adaptive responses (Verbeke et al., 2021). Although DNA vaccines historically faced challenges due to low immunogenicity and inefficient cellular entry, electroporation and viral vector hybridization have improved gene transfer efficiency, resulting in heightened antigen expression and T-cell activation in early clinical studies (Kutzler & Weiner, 2008; Trimble et al., 2015).

Peptide and Protein Vaccine Progress

Peptide and protein vaccines that present defined tumor epitopes to the immune system have progressed with the identification of neoepitopes showing high binding affinity to common human leukocyte antigen (HLA) alleles (Fritsch et al., 2014). These vaccines typically incorporate adjuvants such as toll-like receptor (TLR) agonists or granulocyte-macrophage colony-stimulating factor (GM-CSF) to enhance immunogenicity (Moyle & Toth, 2013). Comparative studies show that multi-epitope peptide vaccines capable of activating polyclonal T-cell responses outperform single-epitope constructs by reducing immune escape through epitope spreading (Bijker et al., 2007). This is particularly relevant in cancers with high clonal heterogeneity such as TNBC and pancreatic cancer, where reliance on singular targets may be insufficient to sustain durable tumor control (Taylor & Noushmehr, 2020).

Protein vaccines that deliver full-length tumor antigens aim to broaden immune recognition but face similar immunogenicity constraints that peptide vaccines encounter; nonetheless, coupling with novel adjuvants such as saponin derivatives, nanoparticle conjugates, and STING (stimulator of interferon genes) agonists shows enhanced antigen uptake by dendritic cells (DCs), increased cross-presentation, and potent type I interferon responses (Chung et al., 2017; Kawai & Akira, 2010).

Dendritic Cell–Based Vaccination

Dendritic cell–based vaccines exemplify precision immunotherapy where autologous DCs are loaded ex vivo with tumor antigens or neoantigen peptides and reinfused to stimulate T-cell priming in vivo (Palucka & Banchereau, 2013). This approach has demonstrated clinical promise in multiple tumor types, particularly in melanoma and HCC, where vaccine-induced cytotoxic T-lymphocyte (CTL) responses correlated with tumor regression and prolonged progression-free intervals in selected patients (Butterfield et al., 2008; Nestle et al., 1998). However, the requirement for individualized cell manufacturing and variable DC potency has prompted exploration of standardized allogeneic DC lines engineered with optimized antigen presentation machinery and costimulatory signals (Harrop et al., 2013).

The emergence of artificial antigen-presenting cells (aAPCs) and DC-mimetic nanoparticles aims to harness the advantages of DC vaccines while reducing logistical complexity. These constructs provide

© 2026 ISARC Academy

antigenic peptides and costimulatory signals in a modular format, with early preclinical evidence indicating strong activation of antigen-specific T cells and enhanced tumor infiltration (Tsai et al., 2018).

❖ Tumor Microenvironment Modulation and Immune Checkpoint Synergy

Overcoming Immunosuppressive Niches

A consistent barrier across tumor types has been the immunosuppressive tumor microenvironment (TME), characterized by regulatory T-cells (Tregs), myeloid-derived suppressor cells (MDSCs), immunosuppressive cytokines (e.g., TGF-β), and metabolic inhibitors (e.g., IDO) that collectively inhibit effective anti-tumor immunity (Gajewski et al., 2013). Effective vaccine strategies must therefore integrate TME modulation to sustain CTL function.

Targeted depletion of Tregs and MDSCs via low-dose cyclophosphamide, CSF-1R inhibitors, and anti-CCR4 antibodies has been explored in conjunction with vaccines, aiming to reduce suppressive influences while preserving effector lymphocytes (Ghiringhelli et al., 2007; Kitamura et al., 2015). Preclinical models suggest that these combinations increase vaccine-induced CTL proliferation, cytokine secretion (e.g., IFN-γ), and tumor cytotoxicity (Li et al., 2019).

In addition, metabolic reprogramming of the TME using IDO inhibitors and adenosine receptor antagonists enhances antigen presentation and T-cell persistence (Zou & Chen, 2008; Leone et al., 2018). Such strategies are being actively pursued in early-phase trials, particularly in TNBC and NSCLC, where immunosuppressive metabolites contribute substantially to immune evasion (Schmid et al., 2018; Rizvi et al., 2019).

Immune Checkpoint Inhibition and Vaccine Synergy

Checkpoint blockade has revolutionized oncology, exemplified by anti-PD-1/PD-L1 and anti-CTLA-4 therapies that release inhibitory signals on effector T cells. Anticancer vaccines can produce a reservoir of tumor-specific T cells that are then potentiated by checkpoint inhibition, amplifying anti-tumor responses (Hodi et al., 2010; Topalian et al., 2012). Numerous clinical trials across melanoma, NSCLC, and TNBC are evaluating vaccine plus checkpoint inhibitor combinations, with early data suggesting enhanced objective response rates and survival compared to monotherapy in select patient subgroups (Ott et al., 2017; Emens et al., 2019).

For example, in advanced melanoma, neoantigen vaccines administered with anti-PD-1 therapy increase clonal expansion of neoantigen-specific T cells, improved tumor infiltration, and prolonged clinical responses compared to historic controls receiving checkpoint blockade alone (Sahin et al., 2020). Similar synergistic patterns are emerging in NSCLC and TNBC, wherein vaccines prime T cells that are subsequently reinvigorated by PD-1/PD-L1 blockade, providing a rationale for integrated immunotherapeutic regimens (Butts et al., 2005; Emens et al., 2019).

Translational Challenges and Biomarker Development

Neoantigen Prediction and Validation

Accurate neoantigen prediction remains foundational to personalized cancer vaccines. Current computational pipelines integrate tumor exome sequencing with HLA binding affinity algorithms to prioritize candidate epitopes (Szolek et al., 2014; Hundal et al., 2016). However, only a subset of predicted epitopes are immunogenic in vivo, necessitating validation through T-cell assays and mass spectrometry-based immunopeptidomics (Yadav et al., 2014). The integration of proteogenomic data with machine learning models has improved prediction accuracy, enabling identification of high-confidence neoantigens that elicit robust T-cell responses (Abelin et al., 2017).

© 2026 ISARC Academy

Despite these advances, challenges persist. Tumor heterogeneity means that spatial and temporal variation in neoantigen expression may reduce vaccine efficacy if not adequately captured. Additionally, HLA diversity across populations necessitates broad epitope coverage to ensure equitable immunogenic responses across diverse patient groups (Gubin et al., 2014).

Immune Monitoring and Correlates of Response

Robust immune monitoring is critical for understanding vaccine efficacy. Techniques such as high-dimensional flow cytometry, single-cell RNA sequencing, and T-cell receptor (TCR) repertoire analysis enable dynamic assessment of vaccine-induced immune responses, including clonal expansion, phenotypic shifts, and functional cytokine profiles (Stubbington et al., 2017; Galson et al., 2015). Emerging evidence indicates that early expansion of polyfunctional $CD8^+$ T cells and reduction in Treg frequency correlate with favorable clinical outcomes, suggesting potential biomarkers for response stratification (Rosenthal et al., 2019).

Combining immune profiling with spatial mapping technologies (e.g., multiplex immunofluorescence) delineates T-cell localization within the TME, providing insight into the capacity of vaccine-activated cells to infiltrate and persist within tumors (Keren et al., 2018). These methodologies are increasingly incorporated into clinical trials to refine patient selection and therapeutic optimization.

❖ Clinical Implications and Tumor-Specific Outcomes

Melanoma

Melanoma remains the “benchmark” for anticancer vaccines due to its high neoantigen load and immunogenic phenotype. Personalized neoantigen vaccines have demonstrated durable clinical benefit when integrated with checkpoint inhibition, significantly prolonging progression-free survival in adjuvant settings (Ott et al., 2017; Sahin et al., 2020). Notably, tumor regression has been observed even in patients with prior checkpoint therapy resistance, suggesting that vaccine-primed T cells may overcome certain resistance mechanisms (Sahin et al., 2020).

Pancreatic Cancer

In pancreatic cancer, the immunosuppressive stroma continues to challenge vaccine efficacy. However, emerging studies combining vaccines with TME modulators, including stromal targeting agents (e.g., hyaluronidase) and checkpoint blockade, have shown enhanced immune infiltration and modest clinical responses, warranting further investigation in larger cohorts (Bear et al., 2020; Le et al., 2020). The integration of neoantigen vaccines, although nascent, shows promise in generating tumor-specific T cells capable of breaching stromal barriers when combined with appropriate adjuvants and modulators.

NSCLC

In NSCLC, vaccine strategies targeting shared tumor antigens and neoantigens have generated antigen-specific immunity, with indications of improved clinical outcomes when combined with chemotherapy and checkpoint inhibitors (Quoix et al., 2011; Sahin et al., 2020). The heterogeneity of driver mutations (e.g., KRAS, EGFR) highlights the need for personalized vaccine constructs, particularly for patients without actionable targeted therapies.

Hepatocellular Carcinoma

HCC poses unique challenges due to immune tolerance mechanisms and frequent background liver disease. Nonetheless, peptide vaccines targeting AFP and GPC3 integrated with checkpoint blockade

© 2026 ISARC Academy

have elicited measurable immune responses and disease control in early-phase trials, especially when administered in minimal residual disease settings (Kudo et al., 2020; Zhu et al., 2021). Personalized neoantigen approaches remain under evaluation but offer potential for high specificity and reduced off-target effects.

Triple-Negative Breast Cancer

TNBC's aggressive biology and limited targeted options have driven interest in vaccine development. Neoantigen vaccines show immunogenicity, particularly in patients with high T-cell infiltration. Combination strategies with checkpoint inhibitors and chemotherapy have improved outcomes relative to historical controls, though response durability varies (Emens et al., 2019; Mittendorf et al., 2014). Integration of vaccine platforms with novel adjuvants and metabolic modulators may further enhance therapeutic benefit.

❖ Advances in Neoantigen Vaccine Design and Translational Evidence

Neoantigen-Guided Immunotherapy: Progress and Mechanistic Insights

Neoantigen-based cancer vaccines are a rapidly evolving class of immunotherapeutics that harness tumor-specific somatic mutations to elicit high-fidelity immune responses. These neoantigens, absent in healthy tissues, are processed and presented by major histocompatibility complex (MHC) molecules, enabling activation of both $CD4^+$ helper and $CD8^+$ cytotoxic T cells selectively targeting malignant cells. Their exclusivity to tumor cells reduces the risk of off-target autoimmune toxicity, a longstanding challenge of earlier cancer vaccines targeting shared tumor-associated antigens (TAAs) that can be expressed at low levels in normal tissues.

Advances in neoantigen discovery leverage next-generation sequencing (NGS) and machine-learning algorithms to predict somatic mutations capable of generating strongly immunogenic peptides presented on patient-specific human leukocyte antigen (HLA) alleles. These computational tools integrate genomic, transcriptomic, and proteomic data to prioritize epitopes with high MHC binding affinity. Emerging evidence suggests that incorporating features such as post-translational modifications (e.g., glycosylation, phosphorylation) and proteasomal processing predictions can further refine neoantigen selection, enhancing vaccine immunogenicity.

Recent analysis of early neoantigen vaccine trials shows that peptide-pulsed dendritic cells (DCs) often generate stronger per-epitope $CD8^+$ responses compared to mRNA vaccines, possibly due to enhanced direct class I antigen presentation by DCs. In contrast, mRNA platforms frequently exhibit $CD4^+$-dominant responses attributed to antigen processing dynamics. Nonetheless, mRNA vaccines retain advantages in multiplexing multiple neoantigens in a single formulation, facilitating broad-based immunogenic targeting across heterogeneous tumor mutations.

The design of neoantigen vaccines is continually influenced by data demonstrating that treatment timing matters: early-stage or adjuvant administration after surgical tumor resection is associated with more robust T-cell expansion and relapse-free survival compared to administration in advanced disease, likely due to less systemic immune dysfunction and lower tumor burden at initiation.

❖ Clinical Outcomes Across Cancer Types

Melanoma: Leadership in Neoantigen Vaccination

Melanoma has served as the flagship tumor type for neoantigen vaccine development, owing to its high mutational burden and immunogenic profile. The pivotal phase 2b KEYNOTE-942 trial demonstrated that the personalized mRNA neoantigen vaccine mRNA-4157 in combination with pembrolizumab significantly improved recurrence-free survival in patients with resected high-risk melanoma compared

© 2026 ISARC Academy

to pembrolizumab monotherapy. This trial's outcomes supported Breakthrough Therapy Designation and validated the potential of neoantigen vaccines to augment checkpoint blockade therapy.

Mechanistically, melanoma patients receiving personalized vaccines exhibit robust expansion of neoantigen-specific T-cell populations with evidence of intratumoral infiltration and memory phenotype formation, supporting a durable antitumor response. Long-term follow-up (several years) from earlier personalized long peptide vaccines has shown persistent T-cell immunity, diversified T-cell receptor clonotypes, and sustained disease control, emphasizing vaccine-induced immunologic memory.

These results reaffirm that combining personalized neoantigen vaccines with immunomodulatory therapies may transform the standard of care for melanoma patients in adjuvant settings, particularly as monotherapy efficacy plateaus in certain subgroups under checkpoint blockade alone.

Pancreatic Cancer: Emerging Promise and Off-The-Shelf Strategies

Pancreatic ductal adenocarcinoma (PDAC) has historically been resistant to immunotherapies due to a dense immunosuppressive microenvironment and low baseline immune infiltration. However, recent personalized neoantigen treatments in PDAC trials have shown encouraging results, particularly in preventing relapse after curative surgery when vaccines are administered as adjuvant therapy. Small personalized vaccine trials tailored to patient-specific somatic mutations detected through comprehensive genetic profiling showed reduced relapse rates, indicating that neoantigen-specific T cells can mediate durable control in a traditionally "cold" tumor type.

In addition to personalized approaches, emerging off-the-shelf vaccines are being developed targeting recurrent driver mutations common in PDAC. For example, experimental non-personalized vaccines such as ELI-002 2P targeting KRAS mutations—a gene altered in up to 90% of pancreatic cancers—have shown promising early outcomes. In a pilot study of post-surgical PDAC patients, the vaccine elicited strong KRAS-specific T-cell responses, was well tolerated, and was associated with lower recurrence and improved survival compared to historical controls. Although limited by small sample sizes and lack of control arms, these findings suggest that broadly applicable vaccines targeting shared oncogenic drivers could provide scalable and cost-effective immunotherapeutic options for high-mutation tumors.

Mechanistic analysis of such vaccines indicates that targeting conserved oncogenic drivers may circumvent the need for fully personalized designs, broadening access and reducing production timelines. Nevertheless, larger randomized trials are necessary to confirm clinical benefit, optimize dosing, and validate predictive biomarkers of response.

Non-Small Cell Lung Cancer (NSCLC): Synergies with Immune Checkpoint Inhibitors

Neoantigen vaccines in NSCLC have shown encouraging immunogenicity and preliminary clinical efficacy across multiple early-phase studies. NSCLC often exhibits intermediate to high tumor mutational burden, generating neoantigens suitable for personalized targeting. Early peptide and DNA vaccines have induced antigen-specific T-cell responses with hints of clinical activity, particularly when integrated with immune checkpoint inhibitors and conventional chemotherapy.

Combination strategies have been a central focus in NSCLC, where vaccines are paired with anti-PD-1/PD-L1 therapies to reinvigorate cytotoxic T cells and counteract tumor immunosuppression. In several studies, syncytial increases in tumor-infiltrating lymphocytes and prolonged progression-free survival have been observed relative to historical controls receiving checkpoint blockade alone. These patterns align with translational models demonstrating that vaccines expand tumor-specific T-cell pools, while checkpoint inhibitors sustain effector function and overcome adaptive resistance mechanisms.

Emerging research also suggests that mRNA vaccines, particularly those encoding multiple neoantigens with advanced delivery technologies such as next-generation lipid nanoparticles, can achieve broader

© 2026 ISARC Academy

immune activation and may sensitize tumors to immunotherapy even in patients who previously exhibited limited responses.

Hepatocellular Carcinoma (HCC): Immune Tolerance and Vaccine Integration

Hepatocellular carcinoma presents unique immunologic challenges due to chronic inflammation and immune tolerance mechanisms associated with underlying liver disease. Neoantigen vaccines targeting tumor-specific antigens like AFP and glypican-3 have demonstrated the ability to provoke T-cell responses in early clinical settings. These responses correlate with tumor control in select patients, particularly when integrated with checkpoint blockade or adjuvant therapy following local therapies such as ablation or resection.

Emerging phase 1/2 data also indicate that inclusion of personalized neoantigen sequences within vaccine constructs, combined with pembrolizumab, produced objective responses in advanced HCC populations. Importantly, the magnitude of response correlated with the number and immunogenicity of encoded neoantigens, suggesting that design parameters directly influence clinical efficacy and supporting rational vaccine optimization strategies. While HCC remains challenging due to a background of immunosuppressive cytokines and regulatory cell populations, these initial results highlight the feasibility of integrating neoantigen vaccines into multimodal therapeutic regimens, particularly in patients with preserved hepatic function and minimal tumor burden.

Triple-Negative Breast Cancer (TNBC): Pioneering Neoantigen Trials

TNBC is an aggressive and immunologically heterogenous breast cancer subtype that has been historically refractory to immunotherapy. Nevertheless, pioneering phase 1 trials of personalized neoantigen DNA vaccines in high-risk TNBC patients with residual disease after neoadjuvant therapy have documented robust immunogenicity and favorable safety profiles. These early studies have shown that multi-epitope DNA vaccines encoding CTL, helper T-cell, and B-cell epitopes can induce neoantigen-specific T-cell activity across diverse immune subsets, validating the applicability of neoantigen vaccination even in tumor subtypes with moderate baseline immunogenicity. Mechanistic profiling in these trials revealed that vaccine-induced T-cell clones exhibited heterogeneous but focused functional responses, including IFN-γ secretion and expansion of TCR clonotypes associated with cytotoxic phenotype. Importantly, vaccine responses engaged both $CD8^+$ and $CD4^+$ subsets, providing a broader immunologic repertoire against tumor antigenic determinants.

❖ Translational and Immunologic Mechanisms Underpinning Vaccine Efficacy

Role of $CD4^+$ and $CD8^+$ T Cells

While neoantigen vaccines aim to elicit $CD8^+$ cytotoxic T-lymphocyte responses critical for direct tumor cell killing, recent evidence underscores the essential roles of $CD4^+$ helper T cells in orchestrating effective antitumor immunity. These helper cells provide critical cytokine support (e.g., IL-2, IFN-γ) that sustains $CD8^+$ T-cell proliferation, memory formation, and durable effector functions. Notably, some studies report that neoantigen vaccines preferentially stimulate $CD4^+$ responses in vivo, which may contribute substantially to immune activation and may even dominate the immunologic signature in certain contexts.

Neoantigen Prediction and Bioinformatic Innovation

Neoantigen prediction remains an area of active technological advancement, with AI-assisted models increasingly integrated into epitope selection pipelines. Modern machine-learning frameworks that incorporate deep learning and recurrent network architectures have demonstrated improved predictive

© 2026 ISARC Academy

accuracy for MHC binding and immunogenicity, reducing false positives and refining candidate lists for vaccine inclusion. In addition, comprehensive bioinformatic workflows have been developed to streamline neoantigen identification from raw tumor sequencing data through prioritization and review. These protocols facilitate rapid turnaround times essential for personalized vaccine production and have been validated across multiple clinical trials.

Integration with Immune Checkpoint and TME Modulation

Neoantigen vaccines alone may not fully overcome the immunosuppressive tumor microenvironment characterized by regulatory T cells (Tregs), myeloid-derived suppressor cells (MDSCs), and inhibitory checkpoints such as PD-1/PD-L1. Consequently, combined regimens integrating vaccines with checkpoint inhibitors have emerged as the most promising therapeutic strategy, effectively pairing neoantigen-specific T-cell priming with mechanisms that sustain effector function and prevent exhaustion. Early clinical data across melanoma, NSCLC, and TNBC consistently demonstrate that vaccine-checkpoint inhibitor combinations yield higher objective response rates and longer progression-free survival relative to historical monotherapy outcomes, underscoring the importance of synergistic immune modulation.

❖ Challenges, Limitations, and Future Directions

Tumor Heterogeneity and Immune Escape

A fundamental challenge in anticancer vaccine development is intratumoral heterogeneity, wherein multiple subclonal mutations may produce spatial variation in neoantigen expression. This heterogeneity increases the risk of immune escape, wherein tumors evolve to downregulate or lose targeted neoantigens, undermining vaccine efficacy. As a result, vaccine design increasingly prioritizes clonal vs. subclonal neoantigen selection and multi-epitope constructs to mitigate escape risk.

Manufacturing and Accessibility

Personalized vaccine production remains logistically complex, requiring individualized sequencing, neoantigen prediction, synthesis, and formulation within a clinically relevant timeframe. While mRNA platforms have significantly reduced manufacturing timelines due to their rapidity and scalability, continental production disparities and cost remain barriers to global access. Future efforts must focus on scalable and standardized platforms, including off-the-shelf vaccines targeting shared neoantigens.

Prophylactic Potential and Broader Implications

Beyond therapeutic applications, innovative conceptual frameworks propose prophylactic neoantigen vaccination aimed at training immune systems against a repertoire of possible malignancy-associated mutations, potentially intercepting cancer before clinical onset. While highly speculative and technologically challenging, this idea reflects the field’s long-term ambition for cancer prevention through immune programming.

Anticancer vaccines, particularly those leveraging personalized neoantigens, are advancing rapidly from proof-of-concept toward clinical relevance across multiple solid tumor types. Recent trial data and emerging platforms show that neoantigen vaccines can elicit potent and durable T-cell responses, reduce recurrence risk, and synergize with immune checkpoint inhibitors and other modulators of the tumor microenvironment. Technological progress in antigen prediction, AI-integrated design, and delivery technologies continues to overcome historical obstacles related to immunogenicity and manufacturing complexity. Nonetheless, challenges remain, including tumor heterogeneity, accessibility, and integration into standard oncology practice. Future research must refine neoantigen selection

© 2026 ISARC Academy

methodologies, optimize combination regimens, and validate novel biomarkers predictive of response. Collectively, these efforts herald a transformative era in precision immunotherapy, offering both personalized and scalable paths for effective cancer vaccination strategies.

❖ Optimization of Vaccine Delivery Platforms

Lipid Nanoparticle (LNP) and Polymer-Based Systems

The effectiveness of nucleic acid vaccines, including mRNA vaccines, heavily depends on delivery systems that ensure stability, cellular uptake, and antigen expression. LNPs remain the leading platform, with innovations focusing on optimizing lipid composition, ionizable charge, and surface modifications to enhance targeting to antigen-presenting cells (APCs). LNP-encapsulated vaccines not only protect RNA from degradation but also facilitate endosomal escape, ensuring efficient cytoplasmic translation of encoded antigens (Verbeke et al., 2021).

Recent preclinical studies in murine melanoma and pancreatic cancer models demonstrate that hybrid LNPs incorporating polyethylene glycol (PEG)-modified lipids and tumor-targeting ligands increase accumulation in lymph nodes, enhancing dendritic cell uptake and antigen presentation (Pardi et al., 2018; Hou et al., 2021). Moreover, biodegradable polymeric nanoparticles, such as poly(lactic-co-glycolic acid) (PLGA), are being explored to achieve controlled release and sustained antigen presentation, which improves T-cell activation and memory formation (Zeng et al., 2020).

Microneedle and Intratumoral Delivery

Emerging approaches, including microneedle patches and intratumoral injections, offer alternatives to conventional systemic administration. Microneedle-based delivery has demonstrated efficient skin-resident dendritic cell targeting, generating robust $CD8^+$ and $CD4^+$ T-cell responses in melanoma models (Kim et al., 2021). Intratumoral injection of mRNA or peptide vaccines directly into tumor tissue enhances local immune activation, reprograms the tumor microenvironment, and can synergize with checkpoint blockade to overcome local immunosuppression (Van der Burg et al., 2016).

Enhancing Vaccine Immunogenicity through Adjuvants

Adjuvants remain essential for augmenting immune responses, particularly for peptide and protein-based vaccines. Modern adjuvants target innate immune sensors to amplify adaptive immunity. Toll-like receptor (TLR) agonists, such as CpG oligodeoxynucleotides (TLR9) and poly(I:C) (TLR3), have demonstrated efficacy in promoting dendritic cell maturation, antigen cross-presentation, and Th1-biased responses (Coffman et al., 2010).

STING (Stimulator of Interferon Genes) agonists are increasingly incorporated into vaccine formulations to elicit strong type I interferon responses that recruit cytotoxic T cells and enhance intratumoral immune infiltration (Corrales et al., 2015). Clinical trials combining peptide vaccines with TLR and STING agonists in melanoma and NSCLC patients report increased neoantigen-specific T-cell expansion, higher tumor-infiltrating lymphocyte density, and early indications of tumor regression (Morrissey et al., 2021).

Tumor Microenvironment (TME) Modulation

The immunosuppressive TME remains a critical barrier for vaccine efficacy, particularly in “cold” tumors such as pancreatic cancer and TNBC. Regulatory T cells, myeloid-derived suppressor cells, and tumor-associated macrophages secrete immunosuppressive cytokines (e.g., TGF-β, IL-10) and create metabolic constraints that inhibit T-cell proliferation (Gajewski et al., 2013).

© 2026 ISARC Academy

Combination strategies integrating vaccines with TME modulators are increasingly tested. For instance, low-dose cyclophosphamide selectively depletes Tregs, while CSF-1R inhibitors reduce tumor-associated macrophage activity, creating a permissive environment for vaccine-elicited T cells (Ghiringhelli et al., 2007; Kitamura et al., 2015). In murine pancreatic tumor models, vaccines combined with TME modulation result in enhanced $CD8^+$ T-cell infiltration, improved cytotoxic activity, and significant tumor regression (Li et al., 2019).

Additionally, metabolic checkpoint inhibition targeting IDO1 or adenosine pathways has shown promise in enhancing the effectiveness of neoantigen vaccines. These approaches normalize the metabolic environment of the tumor, sustain T-cell function, and increase responsiveness to vaccines, particularly in tumors with high immunosuppressive metabolite levels (Leone et al., 2018).

Immune Checkpoint Inhibition Synergy

Checkpoint blockade therapies have transformed the clinical landscape by reversing T-cell exhaustion and potentiating antitumor immunity. Neoantigen vaccines can generate a robust T-cell repertoire that is subsequently amplified by checkpoint inhibitors, producing synergistic effects (Hodi et al., 2010; Topalian et al., 2012).

Clinical trials in melanoma and NSCLC highlight that vaccine-induced T cells increase infiltration into tumors and enhance the efficacy of anti-PD-1 therapy. Early studies demonstrate that patients who receive combined vaccination and checkpoint blockade exhibit higher objective response rates and longer progression-free survival compared to monotherapy controls (Ott et al., 2017; Emens et al., 2019). Importantly, combination therapy can also restore responsiveness in patients who initially progressed on checkpoint inhibitors, suggesting that vaccines can overcome certain mechanisms of adaptive immune resistance.

Biomarkers of Response

Monitoring vaccine efficacy requires identification of reliable biomarkers. T-cell clonality, cytokine production (IFN-γ, TNF-α), and expansion of polyfunctional T cells are strong correlates of vaccine response (Rosenthal et al., 2019). High-dimensional immune profiling, including single-cell RNA sequencing and TCR repertoire analysis, provides detailed insights into vaccine-induced immune dynamics, revealing clonal expansion patterns and phenotypic transitions critical for sustained antitumor activity (Stubbington et al., 2017). Spatial immune mapping further informs intratumoral T-cell distribution, offering predictive insights into the capacity of vaccine-induced T cells to infiltrate tumors and mediate cytotoxicity (Keren et al., 2018). These approaches are increasingly incorporated into clinical trial designs, allowing real-time assessment of vaccine efficacy and guiding rational optimization of personalized formulations.

Expanding Neoantigen Vaccine Platforms: Complexity, Diversity, and Translation

Neoantigen Discovery and Vaccine Engineering

Neoantigen-based cancer vaccines have rapidly advanced as a highly personalized immunotherapeutic strategy due to their ability to target somatic mutations uniquely present in tumor cells, thereby reducing off-target effects and autoimmunity risk that limited traditional tumor-associated antigen vaccines (Wu et al., 2025). Neoantigens are identified using next-generation sequencing combined with sophisticated bioinformatic prediction of HLA binding and antigen processing, and clinical feasibility is now enabled by accelerated pipelines that integrate sequencing, immunopeptidomic validation, and rapid synthesis (Wu et al., 2025; Martel-Martel et al., 2025). Recent comparative analyses indicate that peptide-pulsed dendritic cell (DC) vaccines tend to elicit higher per-epitope $CD8^+$ T-cell responses than mRNA platforms, likely due to more efficient ex vivo loading and direct class I presentation (Wu et al., 2025).

© 2026 ISARC Academy

In contrast, mRNA vaccines — while able to encode multiple neoantigens concurrently — often skew toward $CD4^+$-dominant responses, a distinction that highlights the importance of platform selection in final vaccine immunogenicity and clinical effectiveness (Wu et al., 2025).

Standardized and Shared Neoantigens

While personalized vaccines remain dominant, there is increasing interest in shared neoantigen vaccines targeting recurrent oncogenic mutations common across patient subsets. Such approaches could streamline manufacturing and broaden applicability beyond fully individualized constructs (Wu et al., 2025). Shared neoantigens provide a compromise between specificity and scalability, particularly relevant for oncogenes such as KRAS**,** TP53, and others frequently mutated in pancreatic, colorectal, and lung cancers.

Furthermore, standardized "off-the-shelf" vaccines targeting such shared neoantigens are being investigated as potential cancer prevention tools in high-risk populations, a paradigm shift toward intercepting malignancy before clinical onset rather than exclusively treating established disease (Martel-Martel et al., 2025).

❖ Clinical Evidence Across Tumor Types: Broad Applications and Emerging Trends

Melanoma

Melanoma remains the most extensively studied solid tumor for neoantigen vaccines due to its high tumor mutational burden and natural immunogenicity. Clinical data show that personalized neoantigen vaccines**,** particularly mRNA formulations administered alongside immune checkpoint inhibitors (ICIs) such as anti-PD-1 therapy, significantly improve relapse-free survival in patients with high-risk resected disease compared with standard immune therapy alone (Wu et al., 2025). The KEYNOTE-942 trial exemplifies this integration, where personalized neoantigen mRNA significantly reduced relapse risk in melanoma.

Mechanistically, melanoma vaccinated patients exhibit increased expansion and intratumoral infiltration of neoantigen-specific T cells and diversification of T-cell receptor (TCR) clonotypes over time, which correlates with durable anti-tumor immune memory. Long-term follow-up studies demonstrate persistence of immune responses years after vaccination, supporting sustained immunologic control beyond the initial treatment window.

Pancreatic Cancer

Pancreatic ductal adenocarcinoma (PDAC) poses formidable challenges due to its dense desmoplastic stroma and immunosuppressive microenvironment, historically limiting the success of immunotherapy. However, recent clinical evidence supports the feasibility of neoantigen peptide-pulsed DC vaccines to induce robust T-cell responses in resectable PDAC patients, with measurable $CD8^+$ and $CD4^+$ activity and improved clinical courses compared with typical expectations (Wu et al., 2025).

In parallel, "off-the-shelf" vaccines targeting KRAS mutations — one of the most common driver alterations in pancreatic cancer — have demonstrated encouraging immune activation across early studies involving postoperative patients, with strong KRAS-specific T-cell responses in 84% of treated individuals and a subset achieving complete tumor clearance in the ~20-month follow-up period (Reddit User Reports, 2025).

Although these reports derive from early and uncontrolled datasets, they highlight the potential for shared neoantigen vaccines combined with conventional and immunotherapeutic modalities to improve outcomes in historically refractory cancers.

© 2026 ISARC Academy

Non-Small Cell Lung Cancer (NSCLC)

Neoantigen vaccines in NSCLC are being explored in multiple early-phase trials, leveraging the moderate-to-high mutational burden typical of this disease subtype. Peptide vaccines, DNA platforms, and increasingly mRNA constructs are evaluated in combination with ICIs and chemotherapy, aiming to transform "cold" tumors into immune-responsive phenotypes through T-cell priming and subsequent checkpoint blockade enhancement.

Data indicate that combination regimens increase tumor-infiltrating lymphocytes and improve progression-free survival relative to historical outcomes with checkpoint inhibition alone, suggesting that vaccines may complement current standards of care (Niemi et al., 2022).

Hepatocellular Carcinoma (HCC)

In HCC, the immunosuppressive milieu driven by chronic liver disease and viral hepatitis creates significant barriers to vaccine effectiveness. Nonetheless, peptide and mRNA neoantigen vaccines have elicited antigen-specific responses in early trials, especially when administered in adjuvant settings post-resection, and show enhanced efficacy when combined with ICIs. These findings underscore the importance of integration with multimodal therapies to overcome innate tolerance mechanisms in hepatocellular tumors.

Triple-Negative Breast Cancer (TNBC)

TNBC is an aggressive subtype with limited targeted therapy options. Early neoantigen DNA vaccines have produced promising immunogenicity with multi-epitope constructs capable of stimulating both $CD4^+$ and $CD8^+$ responses, especially when combined with chemotherapy and immunomodulatory agents. This aligns with broader observations that combination immunotherapeutic strategies are often necessary to achieve significant clinical benefits in TNBC.

Enhancing Immunogenicity: Adjuvants and Combination Therapies

The clinical performance of neoantigen vaccines significantly improves when paired with immune modulators and adjuvants.

- **Poly-ICLC and other TLR agonists** enhance innate immune activation and augment T-cell priming, which is reflected across multiple trials that integrate these adjuvants with peptide vaccines (Niemi et al., 2022).
- **Checkpoint inhibitors (e.g., anti-PD-1/PD-L1)** are now a common combination with vaccines across melanoma, NSCLC, and other solid tumors, with evidence suggesting synergistic increases in objective response rates and survival compared with monotherapy controls (Niemi et al., 2022).
- **Chemotherapy and radiation therapy** may increase neoantigen load and immunogenicity indirectly by damaging tumor DNA, potentially creating new somatic mutations that further expand vaccine targets (Niemi et al., 2022).

Combination therapy reflects a rational strategy to enhance immunogenicity, modulate the tumor microenvironment, and sustain effector T-cell function, particularly in immunologically resistant tumors.

Biomarkers, Immune Monitoring, and AI Integration

Predictive Biomarkers

Effective neoantigen vaccine development increasingly relies on biomarkers that predict response. Tumor mutational burden (TMB), clonal neoantigen dominance, HLA genotype, and early expansion

© 2026 ISARC Academy

of polyfunctional $CD8^+$ T-cells have emerged as key correlates of positive clinical outcomes (Wu et al., 2025).

Spatial and temporal immune profiling using single-cell sequencing and multiplex tissue imaging allows tracking of intratumoral T-cell infiltration, phenotypic shifts, and exhaustion markers, enabling real-time assessment of vaccine responsiveness and adaptive resistance mechanisms. These biomarkers are critical in refining candidate selection and optimizing combination immunotherapies.

Artificial Intelligence and Prediction Workflows

Artificial intelligence (AI) and machine learning models are playing an increasingly important role in neoantigen prediction accuracy and translational success. Novel AI frameworks that integrate multi-omic data and model neoantigen immunogenicity show promise in enhancing predictive precision, potentially improving vaccine design timelines and clinical efficacy (Singhal et al., 2025).

Additionally, emerging conceptual frameworks for quantifying AI clinical translation, such as Algorithm-to-Outcome Concordance (AOC) metrics, propose structured evaluation of computational predictions against real-world outcomes, offering paths toward regulatory standardization of neoantigen validation pipelines (Yu & Fu, 2025).

Emerging Insights: Prevention and Universal Vaccine Concepts

Beyond therapeutic applications, neoantigen vaccines are being conceptualized for cancer prevention in high-risk populations. Shared neoantigens that arise from recurrent mutations offer potential targets for prophylactic vaccination, though this remains an area of early investigation and theoretical exploration rather than established clinical practice (Martel-Martel et al., 2025).

Parallel developments include off-the-shelf mRNA vaccines that stimulate innate immunity and enhance type I interferon responses, designed to provide broader antitumor effects without patient-specific antigen targets — a potential game-changer for accessibility and rapid deployment (Reddit Reports, 2025).

While these universal vaccine strategies are ambitious, they underscore the field’s evolution beyond individualized treatment toward scalable immunoprevention and broad-spectrum immunotherapeutics.

Challenges and Limitations

Manufacturing and Timeliness

One of the major barriers to personalized neoantigen vaccines remains the time and cost associated with sequencing, candidate selection, synthesis, and quality control — processes that must occur rapidly enough to impact clinical outcomes in advanced malignancies. Standardization of shared antigen platforms and improvements in automated production are necessary to make these therapies scalable and cost-effective.

Tumor Heterogeneity and Immune Evasion

Intratumoral heterogeneity creates challenges in ensuring that selected neoantigens are present across all malignant clones — a prerequisite for durable response. Tumor evolution and immune escape mechanisms, including loss of HLA expression or neoantigen presentation pathways, require ongoing surveillance and adaptive vaccine strategies.

© 2026 ISARC Academy

Despite these challenges, the rapid proliferation of neoantigen vaccine clinical trials — including combinations with ICIs and conventional therapies — signals strong translational momentum and expanding therapeutic utility.

Future Directions and Optimization Strategies

Tumor Heterogeneity

One of the greatest challenges for anticancer vaccines is intratumoral heterogeneity, which allows tumor cells lacking target neoantigens to evade immune surveillance. Multi-epitope vaccine designs and prioritization of clonal neoantigens common to the majority of tumor cells are strategies to overcome this challenge (Gubin et al., 2014).

Manufacturing and Scalability

Personalized vaccines require rapid sequencing, epitope prediction, and production, which can be resource-intensive. Innovations in automated manufacturing, modular platforms, and off-the-shelf neoantigen constructs targeting recurrent mutations are under development to improve scalability and reduce time-to-treatment (Hou et al., 2021).

Prophylactic Vaccines

Future perspectives include prophylactic vaccines for high-risk populations or pre-malignant lesions, aiming to prime the immune system against recurrent oncogenic mutations. Such strategies remain experimental but represent a paradigm shift toward cancer interception rather than treatment alone.

Multi-Modal Combination Regimens

The future of anticancer vaccines likely resides in **rational combination regimens** that integrate vaccines with checkpoint blockade, TME modulators, adoptive cell therapies, and targeted agents (Melero et al., 2014). Such multimodal approaches aim to address multiple barriers simultaneously—enhancing antigen presentation, relieving immune suppression, and sustaining effector T-cell function.

Next-Generation Delivery and Synthetic Biology

Advances in synthetic biology are enabling programmable vaccine platforms that respond to tumor cues, release antigens and immunomodulators in a controlled manner, and recruit innate immune components to bolster adaptive responses (DePalma et al., 2020). These smart vaccines may overcome current limitations related to antigen heterogeneity and TME suppression.

Future-oriented oncological innovation

The future trajectory identified by this analysis is characterized by convergence rather than replacement. mRNA will not necessarily eliminate peptide vaccines; AI will not eliminate experimental immunology; personalized vaccines will not necessarily replace shared vaccines; and checkpoint inhibitors will not necessarily become secondary to vaccination. Instead, the emerging architecture is one of complementary technological integration.

Future cancer-vaccine systems may combine individualized neoantigen selection with AI-assisted antigen ranking, immunopeptidomic validation, mRNA or nanoparticle delivery, innate immune

© 2026 ISARC Academy

agonism, checkpoint blockade, metabolic reprogramming, tumor-microenvironment modulation, and circulating tumor DNA surveillance.

The next generation may additionally employ adaptive vaccine updating. If serial sequencing demonstrates that tumor evolution has produced antigen loss or new immunogenic mutations, vaccine composition could theoretically be modified during treatment. Such an approach would transform vaccination from a static intervention into a **dynamic evolutionary therapeutic platform**.

The findings

The evidence synthesized in this Results and Discussion section demonstrates that contemporary cancer vaccine science has progressed from an historically uncertain therapeutic concept toward a technologically sophisticated component of precision immuno-oncology. The strongest advances have occurred through the convergence of neoantigen biology, next-generation sequencing, computational prediction, RNA engineering, nanotechnology, checkpoint immunotherapy, and increasingly sophisticated immune monitoring. Recent 2026 analyses consistently describe personalized neoantigen vaccines as promising while emphasizing that antigen selection, delivery, disease setting, manufacturing, and combination therapy remain major areas requiring optimization.

The most compelling clinical signal currently arises from settings in which vaccination is combined with other immunotherapies and deployed when tumor burden is relatively low. The melanoma experience with individualized mRNA vaccination and pembrolizumab, together with KRAS-directed vaccination in MRD-positive pancreatic and colorectal cancer, illustrates two complementary models: highly individualized vaccination and shared mutation-specific vaccination.

At the same time, the field must avoid premature extrapolation. Encouraging immune responses do not invariably establish survival benefit, and most personalized cancer-vaccine programs remain under clinical investigation. The principal unresolved scientific challenge is therefore to establish which molecular, immunological, and clinical characteristics identify patients most likely to derive durable benefit.

The findings support the conclusion that the reconfiguration of cancer vaccine science is fundamentally a transition from passive antigen presentation toward active immune-system engineering. Neoantigen engineering provides molecular specificity; mRNA and nanotechnology provide programmable delivery; computational and immunopeptidomic technologies improve antigen selection; checkpoint inhibition restores T-cell function; tumor-microenvironment modulation increases immunological permissiveness; and MRD-directed treatment provides a biologically favorable therapeutic window. The convergence of these components establishes a new conceptual framework in which cancer vaccination is no longer considered an isolated therapeutic category but an adaptable platform within precision oncology.

The future-oriented significance of this transformation is therefore considerable. If ongoing randomized trials confirm durable clinical benefit, personalized and shared neoantigen vaccines could become increasingly integrated into adjuvant treatment, recurrence prevention, MRD management, and potentially cancer interception. The ultimate objective is a therapeutic model in which each patient's tumor is molecularly characterized, its most actionable antigens are computationally and experimentally validated, an individualized or molecularly matched vaccine is rapidly manufactured, the immune response is pharmacologically optimized, and treatment is continuously monitored through molecular and immunological biomarkers.

Such a model would represent a decisive transformation in oncological therapeutics: from generalized treatment of cancer as a disease category toward molecularly individualized orchestration of antitumor immunity. The scholarly evidence therefore supports continued investment in neoantigen discovery, precision vaccine engineering, tumor-microenvironment modulation, scalable manufacturing, integrated biomarker development, adaptive clinical-trial methodology, and multidisciplinary translational research. These interconnected advances are likely to determine whether the current renaissance in

© 2026 ISARC Academy

cancer-vaccine science becomes a durable clinical revolution or remains another promising but incompletely translated chapter in the history of cancer immunotherapy.

Equity-Focused Vaccine Design

Ensuring broad HLA representation and vaccine efficacy across diverse populations is critical. Strategies include prioritizing neoantigens with high binding affinities to multiple common HLA alleles and enhancing epitope diversity to mitigate population-specific limitations (Gubin et al., 2014).

Summary

Across melanoma, pancreatic cancer, NSCLC, HCC, and TNBC, anticancer vaccines have demonstrated translational promise and clinical potential. Progress in nucleic acid technologies, antigen discovery, TME modulation, and combination strategies has advanced the field significantly. However, challenges including immune suppression, tumor heterogeneity, and manufacturing constraints persist. Continued integration of computational prediction, immune profiling, and rational combination therapies represents the next frontier in optimizing cancer vaccines for broad clinical impact. Neoantigen cancer vaccines represent a rapidly evolving and versatile approach to cancer immunotherapy, showing feasibility, safety, and increasing clinical efficacy across multiple tumors including melanoma, pancreatic cancer, NSCLC, HCC, and TNBC. Continued innovation in antigen discovery, delivery platforms, adjuvant systems, and combination immunotherapies has significantly expanded the therapeutic landscape. AI-enhanced prediction models and exploratory prevention strategies further underscore the field's forward trajectory. While challenges remain — particularly manufacturing timeliness and tumor heterogeneity — the integration of neoantigen vaccines into multimodal treatment regimens shows substantial promise for personalized oncology and potentially scalable prophylactic applications in high-risk populations.

The field of anticancer vaccines has undergone a transformative evolution, transitioning from non-specific tumor-associated antigen strategies to highly personalize neoantigen-based approaches capable of eliciting precise and robust antitumor immune responses. The integration of advanced delivery platforms, including lipid nanoparticles, polymeric carriers, and microneedle-based systems, has significantly enhanced vaccine stability, cellular uptake, and antigen presentation. These technological innovations, coupled with sophisticated adjuvant systems targeting innate immune sensors, have amplified T-cell priming, promoted durable cytotoxic responses, and reshaped the tumor microenvironment toward immunologically favorable conditions.

Clinical evidence across diverse malignancies, including melanoma, pancreatic cancer, non-small cell lung cancer, hepatocellular carcinoma, and triple-negative breast cancer, demonstrates that neoantigen vaccines, particularly when combined with immune checkpoint inhibitors, chemotherapy, or tumor microenvironment modulators, generate robust and durable antitumor immunity. Observed outcomes include enhanced tumor-infiltrating lymphocyte density, increased polyfunctional T-cell expansion, and improved relapse-free and progression-free survival, indicating that vaccines not only initiate effective immune responses but can also sustain long-term immunological memory.

Emerging strategies focused on shared neoantigens, prophylactic applications in high-risk populations, and integration with artificial intelligence for neoantigen prediction have expanded the translational potential of anticancer vaccines. These developments suggest that vaccines may evolve beyond therapeutic interventions to include preemptive and scalable immunopreventive strategies, particularly when targeting recurrent oncogenic mutations. However, challenges remain, including intratumoral heterogeneity, immune evasion, and logistical complexities associated with personalized manufacturing. Addressing these limitations will require ongoing optimization of antigen selection, delivery mechanisms, combinatorial therapies, and predictive biomarkers to ensure clinical efficacy, feasibility, and broader accessibility.

© 2026 ISARC Academy

The anticancer vaccines represent a pivotal component of contemporary oncology, bridging precision immunology with translational and personalized medicine. They offer a paradigm shift toward treatments that are tailored to individual tumor profiles, capable of synergizing with existing modalities, and potentially transformative in both therapeutic and preventive oncology. Continued innovation in vaccine design, delivery, immune monitoring, and combinatorial strategies holds significant promise for improving clinical outcomes, reducing tumor recurrence, and establishing vaccines as a central element of comprehensive, patient-centered cancer care.

Based on the current evidence and emerging insights into anticancer vaccines, several strategic recommendations can be proposed to optimize their translational impact and clinical efficacy:

Prioritize Personalized Neoantigen Platforms: Future research should continue to focus on personalized neoantigen vaccines, leveraging high-throughput sequencing, immunopeptidomics, and bioinformatic pipelines to identify patient-specific tumor antigens. Integrating predictive algorithms with experimental validation will enhance immunogenicity and minimize off-target effects (Wu et al., 2025).

Optimize Delivery Systems: The continued refinement of vaccine delivery platforms is essential. Lipid nanoparticles, polymeric carriers, and microneedle systems should be further engineered for targeted dendritic cell uptake, endosomal escape, and sustained antigen release. Combination delivery approaches that integrate multiple technologies may enhance systemic immune responses while reducing systemic toxicity (Verbeke et al., 2021; Hou et al., 2021).

Integrate Immunomodulatory Combinations: Anticancer vaccines should be strategically combined with immune checkpoint inhibitors, tumor microenvironment modulators, or selective chemotherapeutic agents to overcome immunosuppressive barriers. Clinical trial designs must evaluate optimal timing, dosing, and sequence to maximize synergistic effects and minimize adverse events (Gajewski et al., 2013; Niemi et al., 2022).

Develop Biomarker-Driven Monitoring: The establishment of predictive and pharmacodynamic biomarkers is critical for assessing vaccine efficacy. T-cell clonality, neoantigen-specific immune responses, and intratumoral immune infiltration should be monitored using high-dimensional profiling and longitudinal sampling to guide adaptive therapy strategies and identify early responders (Stubbington et al., 2017; Rosenthal et al., 2019).

Standardize Manufacturing for Scalability: For broader clinical applicability, the development of standardized, rapid, and cost-effective manufacturing pipelines is necessary. Off-the-shelf vaccines targeting shared neoantigens may complement fully personalized platforms, enabling scalable production and timely administration, particularly in aggressive or high-risk malignancies (Martel-Martel et al., 2025).

Explore Prophylactic Applications: Prophylactic vaccination strategies in high-risk populations, targeting recurrent oncogenic mutations, should be prioritized as an area of early-phase research. This approach may shift the paradigm from reactive therapy to proactive cancer prevention, particularly for hereditary and mutation-driven cancers (Martel-Martel et al., 2025).

Leverage Artificial Intelligence in Vaccine Design: Artificial intelligence and machine learning should be further integrated into neoantigen prediction, epitope prioritization, and clinical response modeling. Predictive frameworks can accelerate vaccine development, optimize patient selection, and reduce the risk of non-responsiveness while enabling adaptive personalization over time (Singhal et al., 2025; Yu & Fu, 2025).

Promote Multidisciplinary Collaboration: The complexity of vaccine development necessitates coordinated efforts among oncologists, immunologists, bioinformaticians, and pharmaceutical engineers. Multidisciplinary consortia and integrated clinical networks can enhance trial design, data harmonization, and translational efficiency, ultimately improving patient-centered outcomes.

Address Regulatory and Ethical Considerations: Clear regulatory frameworks and ethical guidelines must be established for personalized and off-the-shelf vaccines, including standards for sequencing,

© 2026 ISARC Academy

neoantigen validation, and clinical monitoring. Harmonizing regulatory practices internationally will facilitate broader clinical adoption and equitable patient access.

Encourage Long-Term Follow-Up Studies: Extended monitoring of vaccine recipients is recommended to assess long-term immunological memory, tumor recurrence, and potential late adverse events. Such longitudinal data are critical for evaluating vaccine durability, informing booster strategies, and establishing evidence-based clinical protocols.

By implementing these recommendations, anticancer vaccines can be more effectively translated from experimental models to standard clinical care, fostering precision immunotherapy, improving patient outcomes, and potentially establishing a preventive dimension in oncology.

ANALYSIS

The reconfiguration of contemporary cancer vaccine science represents a multidimensional transformation in the conceptual, molecular, immunological, technological, and clinical architecture of therapeutic oncology. The present analysis indicates that cancer vaccination is progressively moving away from the historical model of empirically selected tumor antigens and generalized immune stimulation toward a precision-oriented paradigm in which the molecular identity of an individual malignancy determines the antigenic composition, delivery platform, immunological context, therapeutic combinations, and monitoring strategy. This transformation is driven by the convergence of cancer genomics, transcriptomics, immunopeptidomics, HLA biology, computational antigen prediction, artificial intelligence, RNA engineering, nanomedicine, tumor-microenvironment research, single-cell technologies, spatial biology, and precision clinical pharmacology.

The central analytical proposition is that the contemporary cancer vaccine should be conceptualized not as a conventional vaccine product but as a programmable immunotherapeutic system**.** Its objective is not simply to expose the immune system to a tumor-associated antigen but to establish a coordinated sequence of molecular and cellular events: identification of tumor-specific determinants, efficient antigen delivery, antigen processing and presentation, activation of antigen-presenting cells, expansion of tumor-reactive T-cell populations, trafficking into malignant tissue, resistance to immunosuppressive mechanisms, elimination of residual malignant cells, and establishment of durable immune memory. This systems-level interpretation explains why contemporary cancer-vaccine research increasingly extends beyond antigen discovery and encompasses the entire immunological ecosystem surrounding the tumor.

A particularly important analytical finding is the decisive role of neoantigen engineering**.** Somatic mutations create potentially tumor-specific peptide sequences that can be recognized by T lymphocytes when appropriately processed and presented through HLA molecules. This provides an important theoretical advantage over conventional tumor-associated antigens, which may be expressed at lower levels in normal tissues and may have undergone substantial immune tolerance. The expansion of sequencing technologies has therefore changed the fundamental question posed by vaccine development. Rather than asking which antigen is commonly expressed across a cancer type, researchers can increasingly ask which molecular abnormalities distinguish a patient's tumor from normal tissues and which of those abnormalities are immunologically actionable.

However, the analysis demonstrates that a mutation is not synonymous with a neoantigen. The biological transformation from genomic alteration to therapeutic antigen requires multiple sequential conditions. The mutation must occur within tumor cells, be transcriptionally active, generate a suitable peptide, undergo intracellular processing, bind an appropriate HLA molecule, reach the cell surface, and be recognized by an effective T-cell receptor repertoire. This distinction has major methodological consequences. It means that genomic sequencing alone cannot provide definitive antigen identification. The future of neoantigen engineering must therefore involve progressively integrated pipelines combining DNA sequencing, RNA sequencing, HLA typing, immunopeptidomics, computational prediction, and functional immunological validation.

© 2026 ISARC Academy

The analytical significance of immunopeptidomics is consequently substantial. Traditional genomic approaches identify what potentially exists within the tumor genome, whereas immunopeptidomic analysis provides information about what is actually displayed to the immune system. This distinction can reduce the large number of false-positive neoantigen predictions generated by computational systems. It also creates opportunities to identify noncanonical antigens arising from alternative reading frames, aberrant splicing, gene fusions, cryptic transcriptional events, and other mechanisms that may not be adequately captured by conventional exome-based pipelines.

This leads to an important conceptual hierarchy: Genomic alteration → transcription → translation → peptide processing → HLA presentation → T-cell recognition → functional tumor elimination.

Each stage represents a potential biological bottleneck. Consequently, the optimal vaccine-development strategy should not maximize the number of predicted mutations but maximize the probability that selected antigens will successfully traverse the entire pathway. This supports the development of sophisticated antigen-prioritization algorithms incorporating mutation clonality, expression level, HLA-binding characteristics, antigen-processing probability, tumor specificity, structural properties, evolutionary stability, and experimentally observed immunogenicity.

The analysis further demonstrates that antigen quality is more important than antigen quantity**.** Tumor mutational burden can provide a broad estimate of potential neoantigen generation, but it does not establish whether those mutations produce clinically useful targets. A tumor with hundreds of mutations may contain relatively few high-quality neoantigens, while a tumor with a smaller mutational burden may contain several highly immunogenic driver-derived alterations. The future analytical framework should therefore distinguish genomic complexity from immunological opportunity.

This distinction becomes particularly relevant when considering tumor clonality**.** A clonal neoantigen expressed throughout a malignant population theoretically offers greater therapeutic coverage than a subclonal neoantigen restricted to a minority of tumor cells. Nevertheless, clonality alone cannot establish vaccine value. A clonal mutation that is poorly expressed or poorly presented may be less useful than a strongly immunogenic subclonal target. The appropriate analytical model is therefore multidimensional: clonality must be evaluated simultaneously with expression, HLA presentation, immunogenicity, functional relevance, and evolutionary stability.

The evolutionary dimension is especially important. Tumors are dynamic populations subjected to selective pressure from the immune system and anticancer therapy. Vaccination can create an additional evolutionary pressure that favors malignant clones lacking the targeted antigen or possessing mechanisms that impair antigen presentation. Therefore, a major challenge for next-generation vaccines is immune escape through antigen loss or presentation failure**.** Multivalent vaccines targeting multiple independent neoantigens may reduce this problem by requiring the tumor to simultaneously eliminate or suppress several immunologically relevant targets.

The analysis supports the proposition that multiepitope vaccination is therefore not simply an attempt to increase immune stimulation but a strategy to constrain tumor evolution**.** By targeting multiple antigens, particularly those associated with biologically important and evolutionarily constrained alterations, the vaccine may reduce the probability of escape through a single genetic event. This concept is particularly attractive when vaccine targets include cancer-driver mutations whose loss might compromise tumor fitness.

Nevertheless, multivalent vaccination introduces additional complexities. Increasing the number of antigens does not necessarily generate proportional increases in clinical benefit. Antigenic competition, immunodominance, differential HLA presentation, variable expression, and manufacturing complexity may influence the final immune repertoire. The objective should therefore be rational antigen diversification**,** not maximal antigen inclusion.

A second major analytical axis is the reconfiguration of vaccine platforms. Peptide, DNA, mRNA, dendritic-cell, viral-vector, whole-cell, and nanoparticle-based approaches each possess distinct advantages and limitations. Contemporary development increasingly favors platforms capable of rapid

© 2026 ISARC Academy

molecular redesign, multiplexed antigen encoding, efficient intracellular delivery, and scalable manufacturing. mRNA technology is particularly significant because its programmable architecture is compatible with individualized antigen composition.

The analytical importance of mRNA extends beyond its ability to encode neoantigens. It provides a standardized technological framework within which the antigenic sequence can be rapidly changed. This creates a potential solution to one of the central challenges of personalized medicine: the requirement to generate different therapeutic products for different patients while maintaining a reproducible manufacturing infrastructure.

However, mRNA should not be regarded as inherently superior to all other vaccine technologies. The clinical value of a platform depends on multiple variables, including antigen expression, delivery efficiency, innate immune activation, tolerability, stability, tissue distribution, manufacturing time, and patient-specific biology. The evidence therefore supports platform pluralism**,** in which different vaccine technologies are selected according to tumor biology and therapeutic objectives.

Another major analytical finding concerns the tumor microenvironment**.** The field's historical focus on antigenicity has increasingly been replaced by recognition that antigen-specific immunity cannot function effectively in an immunologically hostile environment. Tumor-associated macrophages, myeloid-derived suppressor cells, regulatory T cells, cancer-associated fibroblasts, abnormal vasculature, extracellular adenosine, hypoxia, metabolic competition, and inhibitory cytokines can all suppress vaccine-induced immune responses. This means that vaccine efficacy can be conceptualized as the product of at least three interacting domains: Antigenicity × immunogenicity × microenvironmental permissiveness.

If antigenicity is high but the tumor is immunologically inaccessible, clinical efficacy may remain poor. If the tumor is highly inflamed but contains few appropriate tumor-specific targets, immune activation may remain nonspecific or ineffective. If a highly immunogenic antigen is delivered poorly, adequate T-cell priming may not occur. This tripartite framework provides a more comprehensive explanation for the variable results historically observed in therapeutic cancer-vaccine trials.

The analysis therefore supports a transition from antigen-centered vaccine development toward immune-ecosystem engineering**.** Next-generation vaccines may need to be combined with interventions that modify antigen presentation, enhance T-cell trafficking, inhibit suppressive myeloid populations, alter metabolic pathways, normalize tumor vasculature, or reduce inhibitory cytokine signaling.

The relationship between vaccination and immune checkpoint inhibition represents the clearest example of this principle. Vaccination increases the availability and diversity of tumor-reactive lymphocytes, while checkpoint blockade can prevent inhibitory signaling from disabling those cells. The combination therefore addresses two distinct stages of the immune response. The vaccine supplies or expands the tumor-specific repertoire, whereas checkpoint inhibition can maintain effector functionality.

This combination also illustrates why cancer vaccination should increasingly be understood as a platform rather than a stand-alone treatment category. The clinically meaningful intervention may be vaccine plus checkpoint blockade, vaccine plus radiotherapy, vaccine plus targeted therapy, vaccine plus metabolic modulation, or vaccine plus cellular immunotherapy. The vaccine becomes one component of a broader therapeutic architecture.

The analytical implications for clinical development are substantial. Combination strategies should not be selected empirically whenever possible. Instead, the dominant mechanism of immune resistance should determine the combination partner. A tumor characterized by profound PD-1/PD-L1-mediated inhibition may benefit from checkpoint blockade, whereas an immune-excluded tumor may require interventions that improve lymphocyte trafficking. A tumor dominated by suppressive myeloid populations may require myeloid-directed strategies. Thus, precision combination therapy should be based on the mechanism of resistance rather than on generic immunotherapy combinations**.**

A particularly important analytical conclusion concerns disease stage**.** Cancer vaccines have historically often been tested in patients with advanced disease, where tumor burden, immunosuppression, treatment

© 2026 ISARC Academy

history, and immune exhaustion are substantial. This may underestimate the therapeutic potential of vaccination. The contemporary focus on minimal residual disease, adjuvant treatment, and earlier-stage cancer is therefore biologically rational.

A vaccine may be more effective when only a small population of malignant cells remains after surgery or cytoreduction. In such circumstances, the immune system does not need to overcome a massive tumor burden. Instead, it must eliminate microscopic residual populations and prevent their expansion. This makes MRD-directed vaccination one of the most compelling future applications of precision cancer vaccines.

The analysis also suggests that circulating tumor DNA could become particularly important in this setting. Conventional imaging cannot reliably identify microscopic residual disease, whereas molecular assays may detect tumor-derived DNA before radiographic recurrence becomes apparent. Combining ctDNA detection with personalized vaccination could therefore create a highly individualized therapeutic model in which vaccine treatment is initiated or intensified according to molecular evidence of residual disease.

This approach would fundamentally change the temporal architecture of cancer therapy. Rather than administering vaccines only after clinically apparent recurrence, clinicians could intervene during the earliest detectable molecular phase of relapse. Such a strategy could increase the probability of successful immune control while reducing tumor evolutionary complexity.

Another analytical domain is therapeutic personalization beyond neoantigen selection**.** The term personalized cancer vaccine is sometimes used narrowly to describe a vaccine containing patient-specific antigens. However, true precision vaccination should encompass a much broader spectrum. Patient-specific HLA genotype, immune phenotype, tumor microenvironment, disease burden, prior treatment, molecular residual disease, and treatment tolerance may all influence vaccine selection and scheduling.

Consequently, future precision vaccination could involve personalization at multiple levels:

- **Molecular personalization** — selection of patient-specific tumor antigens.
- **HLA personalization** — optimization of antigen presentation according to HLA genotype.
- **Immunological personalization** — adaptation to baseline T-cell competence and immune repertoire.
- **Microenvironmental personalization** — targeting the dominant mechanisms of local immune suppression.
- **Temporal personalization** — determining when vaccination should be administered.
- **Combination personalization** — selecting complementary systemic therapies.
- **Longitudinal personalization** — modifying treatment according to evolving tumor and immune biomarkers.

This expanded definition provides a more rigorous interpretation of precision oncology.

The analysis further indicates that artificial intelligence will increasingly function as an integrative technology**.** The number of variables involved in neoantigen prioritization is too large for simple manual assessment. Machine-learning systems can integrate genomic, transcriptomic, structural, HLA, immunological, and clinical data to identify patterns that may not be apparent through conventional analysis.

However, algorithmic sophistication creates a corresponding requirement for biological validation. An AI model may identify statistically plausible peptides that fail to be naturally presented or recognized by human T cells. Consequently, the future will likely involve a hybrid model in which artificial intelligence performs candidate prioritization and experimental immunology provides definitive validation.

© 2026 ISARC Academy

The next analytical frontier may involve AI-assisted evolutionary prediction**.** Rather than selecting neoantigens solely according to their current characteristics, algorithms could estimate which antigens are most likely to remain stable under immune pressure. This would allow researchers to prioritize targets that are both immunogenic and evolutionarily difficult for tumors to eliminate.

Such a strategy could substantially improve long-term vaccine durability by integrating evolutionary oncology into vaccine design.

The analysis also identifies single-cell and spatial biology as essential technologies for understanding vaccine response**.** Conventional peripheral blood assays can demonstrate expansion of antigen-specific T cells but cannot establish whether these cells reach the tumor or what happens after they arrive. Single-cell sequencing can identify clonally expanded T-cell populations, exhaustion states, activation signatures, and interactions with other immune populations. Spatial technologies can determine whether those cells are positioned near malignant cells, antigen-presenting cells, vascular structures, or suppressive niches.

Consequently, future clinical trials should increasingly evaluate the spatial immunological consequences of vaccination**,** not merely systemic immune activation.

A particularly important implication is that clinical response should be interpreted as a multilevel phenomenon. A patient may exhibit:

- Molecular Evidence Of Target Engagement;
- Expansion Of Vaccine-Specific T-Cell Clones;
- Increased Intratumoral Infiltration;
- Alteration Of The Tumor Microenvironment;
- Ctdna Clearance;
- Delayed Radiographic Progression;
- Improved Recurrence-Free Survival;
- Improved Survival.

These events may occur sequentially rather than simultaneously. Therefore, cancer-vaccine trials require longitudinal biomarker strategies capable of linking mechanistic changes to clinical endpoints.

This is also relevant to the interpretation of immunogenicity versus efficacy**.** A strong immune response is biologically encouraging but does not automatically prove clinical benefit. Historical cancer-vaccine research provides numerous examples in which antigen-specific immune responses were generated without substantial survival improvement. The modern field must therefore maintain a strict distinction between immunological activity and therapeutic efficacy.

This distinction argues for randomized controlled trials with appropriate comparators and clinically meaningful endpoints. Vaccine development should progress beyond small exploratory studies toward adequately powered trials capable of establishing recurrence-free, event-free, progression-free, or overall survival advantages.

Another important analytical issue is manufacturing complexity**.** Fully personalized vaccines require individualized sequencing, computational antigen selection, production, quality control, and release. This creates a logistical bottleneck that may be particularly problematic in aggressive cancers with rapid progression.

The future may therefore involve a hybrid manufacturing architecture consisting of fully individualized vaccines for selected patients, shared mutation-specific vaccines for larger molecularly defined populations, and premanufactured antigen libraries. Such a system could preserve much of the biological specificity of personalized medicine while reducing manufacturing delays.

© 2026 ISARC Academy

The concept of warehouse-based vaccine production is therefore strategically important. Recurrent driver mutations, common fusion events, and shared tumor-specific alterations could be manufactured in advance. Patients could then receive a pre-existing vaccine formulation matched to their molecular and HLA characteristics. This approach could significantly shorten the interval between diagnosis and treatment.

The analysis also suggests that manufacturing innovation should be considered a scientific component of vaccine development rather than an administrative afterthought. Automated sequencing, algorithmic antigen selection, modular synthesis, standardized quality-control procedures, and rapid release testing may ultimately determine whether personalized vaccination can become routine clinical practice.

Another important finding concerns nanotechnology and targeted delivery. The biological quality of a vaccine antigen cannot compensate for inefficient delivery. Nanoparticle systems can influence tissue distribution, cellular uptake, intracellular release, lymph-node targeting, and interaction with antigen-presenting cells. Future platforms may incorporate multiple functions into a single delivery system, including antigen encoding, adjuvant activity, targeting ligands, and controlled-release mechanisms.

The analysis therefore supports the principle that molecular vaccine design and pharmaceutical formulation must be developed together**.** A highly optimized neoantigen construct may have little clinical value if the delivery system produces inadequate antigen expression or excessive toxicity.

An emerging analytical direction **is** in situ vaccination**,** which seeks to transform the tumor itself into a source of antigen and immune stimulation. This strategy may partially circumvent the logistical limitations of individualized antigen identification and manufacturing. By stimulating local antigen release and presentation, in situ vaccination could theoretically expose the immune system to a broader repertoire than a predefined vaccine.

However, its effectiveness depends on transforming the tumor microenvironment into a productive immune-priming site. Therefore, in situ vaccination reinforces rather than replaces the central concept of microenvironmental modulation.

The analysis further indicates that epitope spreading could amplify the therapeutic effects of vaccination. If vaccine-induced immune responses destroy tumor cells, additional antigens may become available for processing and presentation. This can expand the immune response beyond the original vaccine repertoire.

Epitope spreading therefore creates a potentially self-amplifying mechanism. The vaccine provides the initial specificity, while subsequent tumor destruction generates endogenous antigenic diversification. This may partially overcome the limitations associated with incomplete initial antigen selection.

The concept is particularly relevant to heterogeneous tumors. A personalized vaccine may not identify every clinically relevant antigen, but if it successfully initiates tumor destruction, the resulting antigen release may broaden the immune response. Consequently, vaccine efficacy should not always be interpreted as directly proportional to the number of antigens encoded.

The analysis also highlights cancer interception and preventive immunology as longer-term objectives. Therapeutic vaccination has traditionally been associated with established cancer, but molecular surveillance could potentially identify premalignant or high-risk cellular populations before invasive disease develops. If tumor-specific or precancer-specific antigens can be identified at this stage, vaccination could potentially establish immune surveillance before extensive tumor evolution occurs.

Such an approach remains scientifically exploratory, but it represents a logical extension of the precision-vaccination paradigm. The ultimate trajectory may therefore progress from treatment of established malignancy toward prevention of molecularly detectable recurrence and, eventually, selected forms of cancer interception.

A further analytical dimension is safety. Increasing molecular precision should reduce off-target immune activation, but prediction errors remain possible. Structural similarity between neoantigens and normal proteins, unexpected cross-reactivity, and inappropriate HLA presentation must be

© 2026 ISARC Academy

systematically evaluated. Safety assessment should therefore include computational homology analysis, experimental cross-reactivity testing, and careful clinical monitoring.

The ideal cancer vaccine should maximize the therapeutic index by increasing tumor-specific immune activity while minimizing normal-tissue recognition. This principle is analogous to pharmacological optimization of benefit-risk balance and should become an integral component of vaccine design.

From a pharmacological perspective, cancer vaccines should therefore be analyzed according to the principles of pharmacodynamics, exposure, dose-response relationships, formulation, immunological effect, combination interactions, and adverse-event profiles**.** This provides an important bridge between immunology and clinical pharmacology. Vaccine-induced immune activation represents a pharmacodynamic effect, while delivery, biodistribution, persistence, and cellular uptake influence the effective exposure to the therapeutic antigen.

This perspective is particularly important for combination therapy. Vaccine plus checkpoint blockade can generate synergistic biological effects, but may also increase immune-related toxicity. Vaccine plus radiotherapy may enhance antigen release but can also alter tissue inflammation. Vaccine plus chemotherapy may reduce tumor burden and promote antigen release but may simultaneously impair immune-cell populations. Therefore, combination strategies require formal benefit-risk evaluation.

The analysis indicates that future clinical protocols should increasingly be biomarker-adaptive**.** Instead of administering identical vaccine combinations to all patients, treatment could be adjusted according to immune and molecular response. Patients with strong vaccine-induced T-cell expansion but persistent tumor growth may require microenvironmental modulation. Patients with poor T-cell induction may require optimized delivery or adjuvant strategies. Patients with antigen loss may require vaccine updating.

This establishes the conceptual basis for dynamic precision immunotherapy**,** in which treatment evolves according to tumor and immune-system changes rather than remaining static.

The final analytical synthesis therefore identifies a transition through several historical stages: Tumor-associated antigen vaccination → molecularly defined antigen vaccination → personalized neoantigen vaccination → integrated vaccine-checkpoint therapy → tumor-microenvironment engineering → adaptive, biomarker-guided precision immunotherapy. This progression reflects increasing recognition that malignant disease is an evolving biological system rather than a static target.

The principal scientific challenge is now not whether cancer vaccines can generate immune responses. That question has largely been answered. The more consequential questions are:

Which antigens should be selected? Which patients should receive them? At what disease stage? Through which delivery platform? In combination with which immune-modulating interventions? How should immune responses be measured? How should evolving tumors be monitored? And how can manufacturing be accelerated sufficiently to make personalized vaccination clinically practical?

The answers to these questions will determine whether the current renaissance in cancer-vaccine research becomes a durable transformation of clinical oncology.

Overall, the analysis supports the conclusion that the future of cancer vaccine science will be defined by integration, personalization, programmability, and adaptability**.** Neoantigen engineering provides the molecular foundation; immunopeptidomics establishes biological validity; AI accelerates antigen prioritization; mRNA and nanotechnology provide programmable delivery; checkpoint inhibitors restore immune functionality; tumor-microenvironment modulation creates permissive conditions; single-cell and spatial technologies provide mechanistic resolution; ctDNA enables molecular surveillance; and adaptive clinical strategies connect these components to patient outcomes.

The resulting model represents a profound departure from traditional vaccine concepts. The contemporary cancer vaccine is increasingly a precision therapeutic platform capable of being computationally designed, molecularly individualized, pharmacologically optimized, immunologically monitored, and potentially dynamically updated**.**

© 2026 ISARC Academy

The broader implication for oncology is equally important. Cancer treatment is progressively moving from disease-centered classification toward multidimensional molecular and immunological characterization. In this framework, the tumor is simultaneously a genetic ecosystem, an antigenic landscape, an evolutionary population, and an immunological microenvironment. Effective therapy therefore requires simultaneous management of all four dimensions.

Cancer vaccination is particularly well positioned to embody this transformation because it can be adapted to the molecular identity of the tumor while actively engaging the patient's immune system. Its ultimate therapeutic potential will depend on whether researchers can overcome the remaining barriers of antigen validation, tumor heterogeneity, immune suppression, manufacturing complexity, treatment timing, and clinical endpoint interpretation.

Thus, the most defensible conclusion from the current evidence is not that personalized cancer vaccines have already become universal clinical therapy, but that the scientific infrastructure necessary for their maturation is now substantially established**.** The field has progressed sufficiently to justify large-scale translational investment while retaining the methodological discipline required to distinguish immunological promise from definitive clinical efficacy.

The reconfiguration of cancer vaccine science should therefore be interpreted as an ongoing transition toward molecularly informed, systems-level, adaptive immuno-oncology**.** If future randomized trials confirm durable improvements in recurrence and survival, and if manufacturing and regulatory systems become sufficiently efficient, personalized and shared neoantigen vaccines could become integral components of adjuvant treatment, minimal-residual-disease management, recurrence prevention, and potentially cancer interception.

In this prospective framework, the ultimate objective is not merely to construct a vaccine that generates an immune response. It is to engineer a durable, specific, evolutionarily resilient antitumor immune state capable of recognizing malignant cells, adapting to tumor evolution, overcoming suppressive microenvironments, and maintaining long-term immunological surveillance. This represents the most consequential direction of future-oriented cancer vaccine innovation and provides the scientific basis for continued integration of neoantigen engineering, precision immunotherapy, tumor-microenvironment modulation, molecular pharmacology, computational oncology, and clinical translation.

CONCLUSION

- The reconfiguration of contemporary cancer vaccine science represents a fundamental transformation from conventional, broadly targeted immunostimulatory approaches toward molecularly individualized, immunologically engineered, and dynamically adaptive precision-oncology interventions. The evidence synthesized in this scholarly disquisition demonstrates that the therapeutic potential of cancer vaccination increasingly depends upon the convergence of neoantigen engineering, comprehensive molecular profiling and immunogenicity optimization, tumor-microenvironment modulation, advanced vaccine-platform design, computational prediction, precision immunotherapy, clinical pharmacology, and pharmacovigilance. Neoantigen identification has emerged as a critical molecular foundation for improving tumor specificity, while integrated genomic, transcriptomic, proteomic, immunopeptidomic, and HLA-related characterization can facilitate more rational prioritization of therapeutically relevant antigenic determinants.
- The analysis further establishes that antigenicity alone is insufficient to guarantee clinical effectiveness. Successful therapeutic vaccination requires coordinated antigen processing, efficient presentation, dendritic-cell activation, robust and polyfunctional T-cell responses, effective tumor infiltration, durable immunological memory, and resistance to immunosuppressive mechanisms. Accordingly, modulation of the tumor microenvironment and strategic integration with immune-checkpoint inhibitors, targeted therapies, radiotherapy, cellular interventions, or other pharmacological modalities may be essential for converting vaccine-induced systemic immunity into clinically meaningful tumor control.

© 2026 ISARC Academy

- Advanced messenger RNA, peptide, dendritic-cell, viral-vector, and nanoparticle technologies are expanding the molecular flexibility of vaccine development, while artificial intelligence, machine learning, single-cell sequencing, spatial profiling, and multi-omics integration are increasing the precision of antigen discovery and patient stratification. Nevertheless, computational predictions require experimental validation, and technological sophistication must remain subordinate to demonstrable clinical efficacy, reproducibility, safety, and patient benefit.
- Clinical translation remains dependent upon accelerated individualized manufacturing, validated biomarkers, adaptive clinical-trial methodologies, regulatory innovation, longitudinal molecular monitoring, and integrated pharmacovigilance. Personalized vaccination should increasingly be understood as a dynamic therapeutic process capable of responding to tumor evolution rather than as a static intervention based exclusively on a single diagnostic assessment.
- The future trajectory of cancer vaccine science will depend upon the successful integration of molecular specificity, immune-response optimization, microenvironmental reprogramming, pharmacological rationality, technological scalability, and evidence-based clinical implementation. The emerging paradigm is therefore one of adaptive precision immunotherapy, in which individualized tumor biology continuously informs antigen selection, therapeutic design, treatment combination, response assessment, and safety surveillance. Such convergence establishes cancer vaccination as an increasingly sophisticated component of translational oncology and provides a scientifically grounded framework for developing more personalized, durable, and clinically meaningful strategies for cancer prevention, treatment, and long-term disease control.

RECOMMENDATIONS

- Future development of cancer vaccine science should prioritize an integrated, multidisciplinary, and evidence-driven framework capable of connecting molecular tumor characterization with individualized immunotherapeutic intervention.
- The comprehensive molecular profiling should be incorporated into appropriately selected cancer-vaccine pathways, integrating genomic, transcriptomic, epigenomic, proteomic, immunopeptidomic, and HLA-related information to improve identification and prioritization of clinically relevant neoantigens. Neoantigen selection should incorporate mutation clonality, transcript abundance, antigen-processing characteristics, peptide-HLA compatibility, predicted immunogenicity, and experimental validation rather than relying exclusively on mutation frequency or computational prediction.
- Standardized and continuously validated computational pipelines should be developed for neoantigen discovery. Artificial intelligence and machine-learning methodologies should be integrated with experimentally derived immunopeptidomic and T-cell-response datasets to improve predictive accuracy, reduce false-positive antigen selection, and facilitate reproducible patient-specific vaccine design. Algorithmic systems should undergo independent validation across diverse tumor types and patient populations to improve generalizability and minimize potential population-level biases.
- Vaccine engineering should emphasize multi-epitope and potentially adaptive constructs capable of addressing intratumoral heterogeneity and reducing vulnerability to antigen-loss mechanisms. Messenger RNA, synthetic peptide, dendritic-cell, viral-vector, nanoparticle, and other emerging platforms should be comparatively evaluated according to immunogenicity, pharmacological characteristics, manufacturing feasibility, durability, safety, and clinical applicability. Manufacturing workflows should be accelerated and standardized to minimize the interval between tumor sampling, molecular analysis, vaccine production, quality assurance, and therapeutic administration.
- Cancer vaccination should increasingly be integrated with rational tumor-microenvironment modulation. Clinical development should investigate biologically justified combinations involving immune-checkpoint inhibition, targeted therapy, radiotherapy, selected cytotoxic agents, cellular immunotherapy, metabolic interventions, and other immunomodulatory approaches. Treatment sequencing and combination intensity should be guided by mechanistic biomarkers and pharmacodynamic evidence rather than empirical combination strategies alone.

© 2026 ISARC Academy

- Longitudinal molecular and immunological surveillance should become an integral component of precision vaccination. Serial assessment of circulating tumor DNA, tumor molecular evolution, immune-cell phenotypes, T-cell receptor repertoires, antigen presentation, and treatment-response biomarkers could facilitate adaptive modification of therapeutic strategies when clinically justified. Such monitoring may allow vaccine composition and combination therapy to respond to emerging tumor clones and mechanisms of immune escape.
- Clinical pharmacology and pharmacovigilance should be incorporated throughout the therapeutic lifecycle. Dose optimization, treatment sequencing, pharmacodynamic assessment, drug interactions, overlapping toxicities, immune-mediated adverse events, and long-term safety should be systematically evaluated. Prospective surveillance should be complemented by real-world evidence, electronic health-record analyses, and validated pharmacovigilance signal-detection systems.
- Future clinical trials should employ biomarker-enriched enrollment, adaptive designs, platform-trial methodologies, standardized immune-monitoring endpoints, and clinically meaningful survival and quality-of-life outcomes. Regulatory frameworks should accommodate individualized vaccine products while maintaining rigorous requirements for identity, purity, potency, manufacturing consistency, safety, and clinical efficacy.
- Implementation strategies should address affordability, infrastructure, professional education, ethical governance, data interoperability, genomic privacy, and equitable access. Multidisciplinary education involving oncologists, immunologists, molecular pathologists, pharmacists, clinical pharmacologists, bioinformaticians, genetic counselors, and biotechnology specialists should accompany technological advancement. The ultimate objective should be to transform cancer vaccination into a safe, scalable, evidence-informed, and dynamically adaptive component of precision oncology capable of translating individualized molecular information into durable and clinically meaningful therapeutic benefit.

REFERENCES

1. Abelin, J. G., Harjanto, D., Malloy, M., Suri, P., Colson, T. A., et al. (2017). Defining human immunopeptidomes using mass spectrometry and proteogenomic strategies. Immunity.
2. Balachandran, V. P., Łuksza, M., Zhao, J. N., Makarov, V., et al. (2017). Identification of neoantigen-reactive T cells in pancreatic cancer. Nature.
3. Baxevanis, C. N., Fortis, S. P., Gritzapis, A. D., et al. (2017). Cancer immunotherapy with vaccines: Current clinical outcomes and future perspectives. Frontiers in Immunology.
4. Bear, A. S., Vonderheide, R. H., & O'Hara, M. H. (2020). Strategies to enhance immunotherapy for pancreatic cancer. Frontiers in Oncology.
5. Bijker, M. S., et al. (2007). Superior induction of CTL responses with multi-epitope peptide vaccines. Journal of Immunology.
6. Butterfield, L. H. (2015). Hepatocellular carcinoma vaccines: Current status. Human Vaccines & Immunotherapeutics.
7. Butterfield, L. H., Ribas, A., Meng, W., et al. (2008). A phase II study of dendritic cell vaccine for melanoma. Clinical Cancer Research.
8. Butts, C., et al. (2005). A randomized phase II study of a MUC1 peptide vaccine in NSCLC. Journal of Clinical Oncology.
9. Chung, Y., Chang, Y., & Woo, H. (2017). STING agonists as adjuvants for cancer vaccines. Cancer Immunology.
10. Coffman, R. L., Sher, A., & Seder, R. A. (2010). Vaccine adjuvants: Putting innate immunity to work. Immunity.
11. Corrales, L., Gajewski, T. F., & Woo, S.-R. (2015). STING pathway in cancer immunotherapy. Journal of Clinical Investigation.
12. DePalma, S. R., Mars, W. M., & Scherz, P. J. (2020). Synthetic biology approaches for programmable cancer vaccines. Trends in Biotechnology.

© 2026 ISARC Academy

13. Emens, L. A., et al. (2019). Cancer vaccines in breast cancer: Current evidence. Current Opinion in Oncology.
14. Fritsch, E. F., et al. (2014). HLA binding and immunogenicity predictions for neoepitope vaccines. Cancer Immunology Research.
15. Gajewski, T. F., et al. (2013). Innate and adaptive immune cells in the tumor microenvironment. Nature Immunology.
16. Galson, J. D., et al. (2015). TCR repertoire sequencing in vaccine monitoring. Frontiers in Immunology.
17. Ghiringhelli, F., et al. (2007). Low-dose cyclophosphamide depletes regulatory T cells. Cancer Immunology, Immunotherapy.
18. Gubin, M. M., et al. (2014). Checkpoint blockade cancer immunotherapy targets neoantigens. Nature.
19. Harrop, R., et al. (2013). Standardized dendritic cell lines for cancer immunotherapy. Cancer Immunology.
20. Hodi, F. S., et al. (2010). Improved survival with ipilimumab in metastatic melanoma. New England Journal of Medicine.
21. Hou, X., Zaks, T., Langer, R., & Dong, Y. (2021). Lipid nanoparticles for mRNA delivery. Nature Reviews Materials.
22. Hundal, J., et al. (2016). pVAC-Seq: A genome pipeline for neoantigen prediction. Journal of Immunology Research.
23. Jiang, H., et al. (2020). Pancreatic cancer vaccines: Mechanisms and clinical trials. Cancers.
24. Jiang, H., et al. (2021). Modulating the tumor microenvironment in NSCLC. Journal of Thoracic Oncology.
25. Kalbasi, A., & Ribas, A. (2020). Tumor immunogenicity and response to checkpoint blockade. Cancer Cell.
26. Kawai, T., & Akira, S. (2010). TLR signaling in the innate immune response. Immunity.
27. Keskin, D. B., et al. (2019). Neoantigen vaccine in glioblastoma generates T cell responses. Nature.
28. Kitamura, T., et al. (2015). Macrophage biology in cancer therapy. Journal of Experimental Medicine.
29. Kudo, M., et al. (2020). Peptide vaccines in hepatocellular carcinoma: Clinical results. Liver Cancer.
30. Le, D. T., et al. (2020). GVAX and checkpoint blockade in pancreatic cancer. Journal of Clinical Oncology.
31. Leone, R. D., et al. (2018). Targeting metabolism for cancer immunotherapy. Nature Reviews Cancer.
32. Liu, D., & Zuckerman, J. N. (2024). Off-the-shelf cancer vaccines: Emerging strategies. Vaccine.
33. Lutz, E., et al. (2014). Combination immunotherapy in pancreatic cancer. Journal of Immunotherapy.
34. Martel-Martel, L., et al. (2025). Shared neoantigen vaccines: Translational potential. Cancer Immunology Research.
35. Mittendorf, E. A., et al. (2014). Immunotherapy for triple-negative breast cancer. Clinical Cancer Research.
36. Miyazaki, Y., et al. (2025). Dual adjuvant systems for enhanced cancer vaccine immunogenicity. Immunotherapy Advances.
37. Morrissey, M. A., et al. (2021). Peptide vaccine with STING agonists in melanoma. Clinical Immunology.
38. Moyle, P. M., & Toth, I. (2013). Peptide and protein vaccine adjuvants. Pharmaceutical Research.
39. National Cancer Institute. (2025). Neoantigen vaccine trials in pancreatic and kidney cancer. Cancer Currents.

© 2026 ISARC Academy

40. Nestle, F. O., et al. (1998). Vaccination of melanoma patients with peptide-pulsed dendritic cells. Nature Medicine.
41. Niemi, D., et al. (2022). Neoantigen vaccines in NSCLC: Immune outcomes. Journal of Thoracic Oncology.
42. Ott, P. A., et al. (2017). Personalized neoantigen vaccines for melanoma: Early phase results. Nature.
43. Palucka, K., & Banchereau, J. (2013). Dendritic cell vaccines in cancer therapy. Immunity.
44. Pardi, N., Hogan, M. J., Porter, F. W., & Weissman, D. (2018). mRNA vaccines — An emerging platform. Nature Reviews Drug Discovery.
45. Quoix, E., et al. (2011). TG4010 plus chemotherapy in NSCLC. Lancet Oncology.
46. Redmond, W. (2024). Translational hurdles in personalized vaccine manufacturing. Cancer Biotechnology.
47. Rosenthal, R., et al. (2019). Immune correlates of response to cancer vaccines. Immunity.
48. Rizvi, N. A., et al. (2019). Adenosine axis and immune suppression in NSCLC. Journal of Clinical Investigation.
49. Royal, R. E., et al. (2010). Pancreatic cancer vaccines: Status and future direction. Clinical Cancer Research.
50. Rossetti, C., et al. (2025). AI in neoantigen prediction workflows. Bioinformatics Advances.
51. Sahin, U., et al. (2020). Personalized RNA mutanome vaccines in cancer immunotherapy. Nature.
52. Schmid, P., et al. (2018). Immune modulation strategies in TNBC. Journal of Clinical Oncology.
53. Schumacher, T. N., & Schreiber, R. D. (2015). Neoantigens in cancer immunotherapy. Science.
54. Singhal, V., et al. (2025). AI models for predicting neoantigen immunogenicity. Journal of Computational Biology.
55. Stubbington, M. J. T., et al. (2017). Single-cell RNA sequencing for immune monitoring. Trends in Immunology.
56. Szolek, A., et al. (2014). CloudNeo: A pipeline for neoantigen prediction. Bioinformatics.
57. Taylor, B. S., & Noushmehr, H. (2020). Tumor heterogeneity and vaccine design. Cancer Discovery.
58. Topalian, S. L., et al. (2012). Safety and activity of anti-PD-1 antibody in cancer. New England Journal of Medicine.
59. Tsai, C. Y., et al. (2018). Artificial APC nanoparticles for cancer vaccination. Nano Letters.
60. Trimble, C. L., et al. (2015). DNA vaccine delivery using electroporation. Human Vaccines & Immunotherapeutics.
61. Van der Burg, S. H., et al. (2016). Intratumoral vaccines and local immune activation. Cancer Immunology.
62. Verbeke, R., et al. (2021). Lipid nanoparticle vaccines — Mechanisms and design. Advanced Drug Delivery Reviews.
63. Wu, J., et al. (2025). Comparative immunogenicity of vaccine platforms. Journal of Clinical Investigation.
64. Yadav, M., et al. (2014). Predicting immunogenic tumor mutations by mass spectrometry. Nature.
65. Yu, K., & Fu, L. (2025). Algorithm-to-Outcome Concordance in neoantigen pipelines. Journal of Biomedical Informatics.
66. Zeng, Q., et al. (2020). PLGA nanoparticles for sustained vaccine antigen release. Journal of Controlled Release.
67. Zhu, A. X., et al. (2021). Neoantigen vaccine and pembrolizumab in HCC. Journal of Hepatology.
68. Zou, W., & Chen, L. (2008). Inhibitory B7-family molecules in immunotherapy. Nature Reviews Immunology.
69. American Cancer Society. (2024). Cancer Facts & Figures. American Cancer Society.
70. Cancer Genome Atlas Research Network. (2020). Comprehensive genomic characterization of cancers. Cell.

© 2026 ISARC Academy

71. World Health Organization. (2024). Global cancer burden report. WHO Press.
72. Ahmad, F., et al. (2024). Emerging off-the-shelf vaccines in oncology. Journal of Clinical Oncology Reviews.
73. Banchereau, J., et al. (2024). DC vaccine optimization for metastatic cancer. Frontiers in Immunotherapy.
74. Cummings, J., et al. (2025). Real-world neoantigen vaccine outcomes in melanoma. Clinical Oncology Practice.
75. Davis, S. M., et al. (2024). Neoantigen heterogeneity in solid tumors. Cancer Genetics.
76. Edwards, T. J., et al. (2025). Vaccine adjuvants and TLR agonists in clinical trials. Immunotherapy Journal.
77. Fisher, D. L., et al. (2024). Integrative immunoprofiling post-vaccination. Journal of Translational Medicine.
78. Gomez, S. N., & Patel, R. (2025). Vaccine combinations in TNBC: Clinical evidence. Breast Cancer Research.
79. Hartwell, L. M., et al. (2024). Personalized oncology and vaccine integration. Cancer Treatment Reviews.
80. Ikeda, Y., et al. (2025). Safety of multi-epitope cancer vaccines. Journal of Immunologic Research.
81. Jackson, S. P., & Bartek, J. (2024). DNA damage and immune activation. Nature Reviews Cancer Biology.
82. Kang, H. R., et al. (2025). Neoantigen vaccine efficacy in NSCLC. Thoracic Oncology Reports.
83. Lee, S. H., et al. (2025). TME modulation for improved vaccine efficacy. ImmunoOncology Advances.
84. Martinez, C. A., et al. (2024). Monitoring immune memory post-vaccination. Journal of Immunotherapy.
85. Nguyen, H. Q., et al. (2025). Vaccine responder's vs non-responders: Biomarkers. Clinical Immunology.
86. Ortega, M., et al. (2024). Tumor microenvironment changes post-vaccine. Immunology and Cancer.
87. Patel, V. K., et al. (2025). Neoantigen vaccine tolerability and safety. Clinical Therapeutics.
88. Quinn, J. R., et al. (2024). Vaccine platform comparisons in melanoma. Cancer Vaccine Research.
89. Roberts, J. T., & Zhou, L. (2025). Shared neoantigen vaccine design. Journal of Oncology Innovation.
90. Sullivan, R., et al. (2024). TCR repertoire dynamics after vaccination. Journal of Clinical Immunology.
91. Andersson, E. K., et al. (2025). Neoantigen vaccine efficacy in combination with metabolic modulators in pancreatic cancer. Journal of Experimental Oncology.
92. Chang, W., et al. (2024). Longitudinal T-cell dynamics following neoantigen vaccination in melanoma patients. Cellular Immunology.
93. Delgado, M., et al. (2025). Enhanced neoantigen prediction through integrated proteogenomic pipelines. Genome Medicine.
94. Freeman, A. R., & Li, H. (2024). Immune microenvironment shifts after combined vaccine and STING agonist therapy. ImmunoTherapeutics.
95. Gupta, R. K., et al. (2025). Shared neoantigen immunoprevention in high-risk colorectal cancer cohorts. Cancer Prevention Research
96. Hernandez, J. L., et al. (2024). Artificial antigen-presenting cell nanoparticles in clinical vaccine trials. Nanoimmunology Reviews.
97. Ibrahim, Z., et al. (2025). Neoantigen vaccine delivery via polymeric micelles: Preclinical success. Advanced Therapeutic Delivery.
98. Jones, M. T., et al. (2024). Biomarker signatures of vaccine responders in NSCLC. Translational Lung Cancer Research.

© 2026 ISARC Academy

99. Kim, D. H., et al. (2025). Prophylactic neoantigen vaccines for BRCA-mutated cancer risk mitigation. Cancer Prevention Journal.
100. Li, P., et al. (2024). Impact of neoantigen vaccination on tertiary lymphoid structures in TNBC. Breast Cancer Immunology.
101. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Alavidze N, Sulashvili M. THE KEY ISSUE ASPECTS RELATED OF ACTION AND OUTLOOK OF USE MONOCLONAL ANTIBODIES IN MISCELLANEOUS IMMUNOTHERAPEUTIC DIRECTIONS. In: CONGRESS BOOK; THE 6-th INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCHES AND INNOVATION CONGRESS. Ankara: Iksad Publications; 2023. p. 563-87.
102. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Giorogbiani M, Sulashvili M. THE KEY ISSUE ASPECTS, CHARACTERISTICS AND EFFECTS OF ANTIOXIDANTS IN MISCELLANEOUS IMMUNOTHERAPEUTIC DIRECTIONS. In: CONGRESS BOOK; THE 6-th INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCHES AND INNOVATION CONGRESS. Ankara: Iksad Publications; 2023. p. 588-609.
103. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Giorgobiani M, Sulashvili M. THE KEY ISSUE ASPECTS, CHARACTERISTICS AND EFFECTS OF ANTIOXIDANTS IN MISCELLANEOUS IMMUNOTHERAPEUTIC DIRECTIONS. In: PROCEEDINGS BOOK of III INTERNATIONAL ARCHITECTURAL SCIENCES & APPLICATIONS SYMPOSIUM; 2023 Sep 14-15; Naples, Italy. IKSAD Publishing House; 2023. p. 1713-34.
104. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Sulashvili M, Ratiani L, Seniuk I. THE SCIENTIFIC TALKS OF MANIFESTATION OF SOME PECULIARITIES, MECHANISM ACTION AND TOXICITIES OF CISPLATIN IN CANCER CHEMOTHERAPY AND IN GENERAL. In: THE PROCEEDINGS BOOK OF ANKARA INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENTIFIC RESEARCH-IX. Ankara: Liberty Academic Publishers; 2023. p. 1172-95.
105. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Ratiani L, Sulashvili M, Seniuk I. THE SCIENTIFIC DISCUSSION OF SOME KEY ISSUE ASPECTS OF FEATURES, CHARACTERISTICS, ACTION AND CYTOTOXICITY OF TEMOZOLOMIDE IN CANCER CHEMOTHERAPY IN GENERAL. In: PROCEEDINGS BOOK OF 5 BASKENT INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIDISCIPLINARY STUDIES. Ankara: Liberty Academic Publishers; 2023. p. 1019-40.
106. Sulashvili N, Gabunia L, Gorgaslidze N, Ratiani L, Ghambashidze K, Alavidze N, et al. THE MANIFESTATION OF PECULIARITIES OF TEMOZOLOMIDE MECHANISM OF ACTION, SOME PHARMACOTHERAPEUTIC EFFECTS AND RESISTANCE MECHANISMS IN CANCER IN CLINICAL APPLICATIONS. International Journal of Innovative Medicine & Healthcare. 2024;3(6):45-63.
107. Sulashvili N, Gabunia L, Gorgaslidze N, Sulashvili M. THE MANIFESTATION OF SOME FEATURES IMMUNOLOGICAL, IMMUNOPATHOLOGICAL AND MOLECULAR ASPECTS OF CANCER PATHOGENESIS AND TREATMENT CHALLENGES. In: Materials of the III Scientific and Practical International Conference: “MICROBIOLOGICAL AND IMMUNOLOGICAL RESEARCH IN MODERN MEDICINE”. Kharkiv: National University of Pharmacy of Ukraine; 2024. p. 61-6.
108. Sulashvili N, Beglaryan M, Gorgaslidze N, Chichoyan N, Gabunia L, Kvizhinadze N, et al. THE SCIENTIFIC TALKS, REASONINGS, JUSTIFICATION AND CONTROVERSIES OF THE FEATURES, CHARACTERIZATIONS, SCOPE AND CAPACITIES FOR PHARMACIST ROLE IN PHARMACY, IN CLINIC AND IN HEALTH CARE SECTOR, AND ADMINISTRATIVE AND PHARMACEUTICAL EDUCATIONAL SUMMONS ISSUES IN THE TWENTY-FIRST CENTURY. BULLETIN OF THE MEDICAL COLLEGE AFTER MEHRABYAN. 2023;14:52-86.
109. Sulashvili N, Alavidze N, Sulashvili M. THE SCIENTIFIC REVIEW OF THE PECULIARITIES OF MOLNUPIRAVIR PHARMACOLOGY IN THE CONTEXT OF PHARMACOTHERAPY AND TREATMENT OF THE COVID-19 INFECTION GLOBALLY. In: Materials of the Scientific and Practical International Conference-"MICROBIOLOGICAL AND IMMUNOLOGICAL RESEARCH IN MODERN MEDICINE". Kharkiv: National University of Pharmacy of Ukraine; 2022. p. 24-8.

© 2026 ISARC Academy

110. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Giorgobiani M, Beglaryan M. MODERN PHARMACOTHERAPY ACHIEVEMENTS, PROBLEMS AND IMPROVEMENT USE OF ANTIOXIDANTS IN IMMUNOTHERAPY. In: Materials of the 1st International Scientific and Practical Conference, “MODERN ANTIMICROBIAL THERAPY: PROBLEMS AND WAYS OF IMPROVEMENT”. Kharkiv: National University of Pharmacy of Ukraine; 2023. p. 38-44.
111. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Beglaryan M, Gabunia L, Chakhnashvili K, Alavidze N. MANIFESTATION OF FEATURES OF MODERN PHARMACOTHERAPY ACHIEVEMENTS, PROBLEMS AND IMPROVEMENT OF USE MONOCLONAL ANTIBODIES IN MEDICINE. In: Materials of the 1st International Scientific and Practical Conference, "MODERN ANTIMICROBIAL THERAPY: PROBLEMS AND WAYS OF IMPROVEMENT". Kharkiv: National University of Pharmacy of Ukraine; 2023. p. 33-8.
112. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Sulashvili M, Beglaryan M. THE MANIFESTATION OF PECULIARITIES OF ANTIOXIDANTS ROLE IN IMMUNOLOGY, IMMUNOTHERAPY AND HOMEOPATHIC MEDICINE. In: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, "FUNDAMENTAL AND APPLIED RESEARCH IN THE FIELD OF PHARMACEUTICAL TECHNOLOGY". Kharkiv: National Pharmaceutical University of Ukraine; 2023. p. 64-92.
113. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Beglaryan M, Giorgobiani M. MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS AND POTENTIAL OF ANTIOXIDANTS' PHARMACOTHERAPY IN EVIDENCE-BASED MEDICINE. In: MATERIALS OF II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 119-41.
114. Sulashvili N, Alavidze N, Beglaryan M, Sulashvili M. THE MANIFESTATION OF MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS OF THE POTENTIAL OF ARTIFICIAL INTELLECT IN VARIOUS MEDICAL AND PHARMACEUTICAL CARE PROVISION DIRECTION. In: MATERIALS Of II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 310-25.
115. Sulashvili N, Beglaryan M, Gorgaslidze N, Chichoyan N, Gabunia L, Seniuk I, et al. THE KEY ISSUE OF MANIFESTATION OF MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS OF PHARMACISTS PROFESSION, PHARMACEUTICAL EDUCATION, SCIENCE AND ORGANIZATIONAL ASPECTS OF PHARMACEUTICS IN GEORGIA. In: MATERIALS Of II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 271-88.
116. Sulashvili N, Alavidze N, Lomia E. THE MANIFESTATION OF MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS OF THE PECULIARITIES OF FEATURES OF OPIOIDS OF THE PECULIARITIES OF DRUG REPLACEMENT THERAPY FOR ADDICTION PEOPLE IN EVIDENCE BASED MEDICINE. In: MATERIALS Of II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 289-309.
117. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Beglaryan M, Alavidze N. MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS OF THE INNOVATIVE APPROACHES OF PECULIARITIES OF MONOCLONAL ANTIBODIES POTENTIAL IN PHARMACOTHERAPY AND EVIDENCE-BASED MEDICINE. In: MATERIALS Of II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 249-70.
118. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Giorgobiani M, Sulashvili M. THE KEY ISSUE ASPECTS, CHARACTERISTICS AND EFFECTS OF ANTIOXIDANTS IN MISCELLANEOUS IMMUNOTHERAPEUTIC DIRECTIONS. In: PROCEEDINGS BOOK of III INTERNATIONAL

© 2026 ISARC Academy

ARCHITECTURAL SCIENCES & APPLICATIONS SYMPOSIUM; 2023 Sep 14-15; Naples, Italy. IKSAD Publishing House; 2023. p. 1713-34.
119. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Ratiani L, Sulashvili M, Seniuk I. THE SCIENTIFIC DISCUSSION OF SOME KEY ISSUE ASPECTS OF FEATURES, CHARACTERISTICS, ACTION AND CYTOTOXICITY OF TEMOZOLOMIDE IN CANCER CHEMOTHERAPY IN GENERAL. In: PROCEEDINGS BOOK OF 5 BASKENT INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIDISCIPLINARY STUDIES. Ankara: Liberty Academic Publishers; 2023. p. 1019-40.
120. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Sulashvili M, Ratiani L, Seniuk I. THE SCIENTIFIC TALKS OF MANIFESTATION OF SOME PECULIARITIES, MECHANISM ACTION AND TOXICITIES OF CISPLATIN IN CANCER CHEMOTHERAPY AND IN GENERAL. In: THE PROCEEDINGS BOOK OF ANKARA INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENTIFIC RESEARCH-IX. Ankara: Liberty Academic Publishers; 2023. p. 1172-95.
121. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Ratiani L, Sulashvili M, Seniuk I. THE SCIENTIFIC DISCUSSION OF SOME KEY ISSUE ASPECTS OF FEATURES, CHARACTERISTICS, ACTION AND CYTOTOXICITY OF TEMOZOLOMIDE IN CANCER CHEMOTHERAPY IN GENERAL. In: PROCEEDINGS BOOK OF 5 BASKENT INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIDISCIPLINARY STUDIES. Ankara: Liberty Academic Publishers; 2023. p. 1019-40.
122. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Sulashvili M, Ratiani L, Seniuk I. THE SCIENTIFIC TALKS OF MANIFESTATION OF SOME PECULIARITIES, MECHANISM ACTION AND TOXICITIES OF CISPLATIN IN CANCER CHEMOTHERAPY AND IN GENERAL. In: THE PROCEEDINGS BOOK OF ANKARA INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENTIFIC RESEARCH-IX. Ankara: Liberty Academic Publishers; 2023. p. 1172-95.
123. Sulashvili N, Alavidze N, Lomia E. THE MANIFESTATION OF MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS OF THE PECULIARITIES OF FEATURES OF OPIOIDS OF THE PECULIARITIES OF DRUG REPLACEMENT THERAPY FOR ADDICTION PEOPLE IN EVIDENCE BASED MEDICINE. In: MATERIALS Of II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 289-309.
124. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Beglaryan M, Alavidze N. MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS OF THE INNOVATIVE APPROACHES OF PECULIARITIES OF MONOCLONAL ANTIBODIES POTENTIAL IN PHARMACOTHERAPY AND EVIDENCE-BASED MEDICINE. In: MATERIALS Of II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 249-70.
125. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Giorgobiani M, Beglaryan M. MODERN PHARMACOTHERAPY ACHIEVEMENTS, PROBLEMS AND IMPROVEMENT USE OF ANTIOXIDANTS IN IMMUNOTHERAPY. In: Materials of the 1st International Scientific and Practical Conference, “MODERN ANTIMICROBIAL THERAPY: PROBLEMS AND WAYS OF IMPROVEMENT”. Kharkiv: National University of Pharmacy of Ukraine; 2023. p. 38-44.
126. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Beglaryan M, Gabunia L, Chakhnashvili K, Alavidze N. MANIFESTATION OF FEATURES OF MODERN PHARMACOTHERAPY ACHIEVEMENTS, PROBLEMS AND IMPROVEMENT OF USE MONOCLONAL ANTIBODIES IN MEDICINE. In: Materials of the 1st International Scientific and Practical Conference, "MODERN ANTIMICROBIAL THERAPY: PROBLEMS AND WAYS OF IMPROVEMENT". Kharkiv: National University of Pharmacy of Ukraine; 2023. p. 33-8.
127. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Sulashvili M, Beglaryan M. THE MANIFESTATION OF PECULIARITIES OF ANTIOXIDANTS ROLE IN IMMUNOLOGY, IMMUNOTHERAPY AND HOMEOPATHIC MEDICINE. In: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, "FUNDAMENTAL AND APPLIED RESEARCH IN THE FIELD OF PHARMACEUTICAL TECHNOLOGY". Kharkiv: National Pharmaceutical University of Ukraine; 2023. p. 64-92.

© 2026 ISARC Academy

128. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Beglaryan M, Giorgobiani M. MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS AND POTENTIAL OF ANTIOXIDANTS' PHARMACOTHERAPY IN EVIDENCE-BASED MEDICINE. In: MATERIALS OF II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 119-41.
129. Sulashvili N, Alavidze N, Beglaryan M, Sulashvili M. THE MANIFESTATION OF MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS OF THE POTENTIAL OF ARTIFICIAL INTELLECT IN VARIOUS MEDICAL AND PHARMACEUTICAL CARE PROVISION DIRECTION. In: MATERIALS Of II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 310-25.
130. Sulashvili N, Beglaryan M, Gorgaslidze N, Chichoyan N, Gabunia L, Seniuk I, et al. THE KEY ISSUE OF MANIFESTATION OF MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS OF PHARMACISTS PROFESSION, PHARMACEUTICAL EDUCATION, SCIENCE AND ORGANIZATIONAL ASPECTS OF PHARMACEUTICS IN GEORGIA. In: MATERIALS Of II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 271-88.
131. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Giorgobiani M, Sulashvili M. THE KEY ISSUE ASPECTS, CHARACTERISTICS AND EFFECTS OF ANTIOXIDANTS IN MISCELLANEOUS IMMUNOTHERAPEUTIC DIRECTIONS. In: PROCEEDINGS BOOK of III INTERNATIONAL ARCHITECTURAL SCIENCES & APPLICATIONS SYMPOSIUM; 2023 Sep 14-15; Naples, Italy. IKSAD Publishing House; 2023. p. 1713-34.
132. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Alavidze N, Sulashvili M. THE KEY ISSUE ASPECTS RELATED OF ACTION AND OUTLOOK OF USE MONOCLONAL ANTIBODIES IN MISCELLANEOUS IMMUNOTHERAPEUTIC DIRECTIONS. In: CONGRESS BOOK; THE 6-th INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCHES AND INNOVATION CONGRESS. Ankara: Iksad Publications; 2023. p. 563-87.
133. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Giorogbiani M, Sulashvili M. THE KEY ISSUE ASPECTS, CHARACTERISTICS AND EFFECTS OF ANTIOXIDANTS IN MISCELLANEOUS IMMUNOTHERAPEUTIC DIRECTIONS. In: CONGRESS BOOK; THE 6-th INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCHES AND INNOVATION CONGRESS. Ankara: Iksad Publications; 2023. p. 588-609.
134. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Sulashvili M, Ratiani L, Seniuk I. THE SCIENTIFIC TALKS OF MANIFESTATION OF SOME PECULIARITIES, MECHANISM ACTION AND TOXICITIES OF CISPLATIN IN CANCER CHEMOTHERAPY AND IN GENERAL. In: THE PROCEEDINGS BOOK OF ANKARA INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENTIFIC RESEARCH-IX. Ankara: Liberty Academic Publishers; 2023. p. 1172-95.
135. Sulashvili N, Gabunia L, Gorgaslidze N, Ratiani L, Ghambashidze K, Alavidze N, et al. THE MANIFESTATION OF PECULIARITIES OF TEMOZOLOMIDE MECHANISM OF ACTION, SOME PHARMACOTHERAPEUTIC EFFECTS AND RESISTANCE MECHANISMS IN CANCER IN CLINICAL APPLICATIONS. International Journal of Innovative Medicine & Healthcare. 2024;3(6):45-63.

136. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Alavidze N, Sulashvili M. THE KEY ISSUE ASPECTS RELATED OF ACTION AND OUTLOOK OF USE MONOCLONAL ANTIBODIES IN MISCELLANEOUS IMMUNOTHERAPEUTIC DIRECTIONS. In: CONGRESS BOOK; THE 6-th INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCHES AND INNOVATION CONGRESS. Ankara: Iksad Publications; 2023. p. 563-87.

137. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Giorogbiani M, Sulashvili M. THE KEY ISSUE ASPECTS, CHARACTERISTICS AND EFFECTS OF ANTIOXIDANTS IN MISCELLANEOUS IMMUNOTHERAPEUTIC DIRECTIONS. In: CONGRESS BOOK; THE 6-th INTERNATIONAL

© 2026 ISARC Academy

SCIENTIFIC RESEARCHES AND INNOVATION CONGRESS. Ankara: Iksad Publications; 2023. p. 588-609.

138. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Sulashvili M, Ratiani L, Seniuk I. THE SCIENTIFIC TALKS OF MANIFESTATION OF SOME PECULIARITIES, MECHANISM ACTION AND TOXICITIES OF CISPLATIN IN CANCER CHEMOTHERAPY AND IN GENERAL. In: THE PROCEEDINGS BOOK OF ANKARA INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENTIFIC RESEARCH-IX. Ankara: Liberty Academic Publishers; 2023. p. 1172-95.

139. Sulashvili N, Gabunia L, Gorgaslidze N, Ratiani L, Ghambashidze K, Alavidze N, et al. THE MANIFESTATION OF PECULIARITIES OF TEMOZOLOMIDE MECHANISM OF ACTION, SOME PHARMACOTHERAPEUTIC EFFECTS AND RESISTANCE MECHANISMS IN CANCER IN CLINICAL APPLICATIONS. International Journal of Innovative Medicine & Healthcare. 2024;3(6):45-63.

140. Sulashvili N, Gabunia L, Gorgaslidze N, Sulashvili M. THE MANIFESTATION OF SOME FEATURES IMMUNOLOGICAL, IMMUNOPATHOLOGICAL AND MOLECULAR ASPECTS OF CANCER PATHOGENESIS AND TREATMENT CHALLENGES. In: Materials of the III Scientific and Practical International Conference: "MICROBIOLOGICAL AND IMMUNOLOGICAL RESEARCH IN MODERN MEDICINE". Kharkiv: National University of Pharmacy of Ukraine; 2024. p. 61-6.

141. Sulashvili N, Beglaryan M, Gorgaslidze N, Chichoyan N, Gabunia L, Kvizhinadze N, et al. THE SCIENTIFIC TALKS, REASONINGS, JUSTIFICATION AND CONTROVERSIES OF THE FEATURES, CHARACTERIZATIONS, SCOPE AND CAPACITIES FOR PHARMACIST ROLE IN PHARMACY, IN CLINIC AND IN HEALTH CARE SECTOR, AND ADMINISTRATIVE AND PHARMACEUTICAL EDUCATIONAL SUMMONS ISSUES IN THE TWENTY-FIRST CENTURY. BULLETIN OF THE MEDICAL COLLEGE AFTER MEHRABYAN. 2023;14:52-86.

142. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Giorgobiani M, Beglaryan M. MODERN PHARMACOTHERAPY ACHIEVEMENTS, PROBLEMS AND IMPROVEMENT USE OF ANTIOXIDANTS IN IMMUNOTHERAPY. In: Materials of the 1st International Scientific and Practical Conference, "MODERN ANTIMICROBIAL THERAPY: PROBLEMS AND WAYS OF IMPROVEMENT". Kharkiv: National University of Pharmacy of Ukraine; 2023. p. 38-44.

143. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Beglaryan M, Gabunia L, Chakhnashvili K, Alavidze N. MANIFESTATION OF FEATURES OF MODERN PHARMACOTHERAPY ACHIEVEMENTS, PROBLEMS AND IMPROVEMENT OF USE MONOCLONAL ANTIBODIES IN MEDICINE. In: Materials of the 1st International Scientific and Practical Conference, "MODERN ANTIMICROBIAL THERAPY: PROBLEMS AND WAYS OF IMPROVEMENT". Kharkiv: National University of Pharmacy of Ukraine; 2023. p. 33-8.

144. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Sulashvili M, Beglaryan M. THE MANIFESTATION OF PECULIARITIES OF ANTIOXIDANTS ROLE IN IMMUNOLOGY, IMMUNOTHERAPY AND HOMEOPATHIC MEDICINE. In: Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, "FUNDAMENTAL AND APPLIED RESEARCH IN THE FIELD OF PHARMACEUTICAL TECHNOLOGY". Kharkiv: National Pharmaceutical University of Ukraine; 2023. p. 64-92.

145. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Beglaryan M, Giorgobiani M. MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS AND POTENTIAL OF ANTIOXIDANTS' PHARMACOTHERAPY IN EVIDENCE-BASED MEDICINE. In: MATERIALS OF II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 119-41.

146. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Beglaryan M, Alavidze N. MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS OF THE INNOVATIVE APPROACHES OF PECULIARITIES OF

© 2026 ISARC Academy

MONOCLONAL ANTIBODIES POTENTIAL IN PHARMACOTHERAPY AND EVIDENCE-BASED MEDICINE. In: MATERIALS Of II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 249-70.

147. Sulashvili N, Alavidze N, Lomia E. THE MANIFESTATION OF MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS OF THE PECULIARITIES OF FEATURES OF OPIOIDS OF THE PECULIARITIES OF DRUG REPLACEMENT THERAPY FOR ADDICTION PEOPLE IN EVIDENCE BASED MEDICINE. In: MATERIALS Of II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 289-309.

148. Sulashvili N, Alavidze N, Beglaryan M, Sulashvili M. THE MANIFESTATION OF MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS OF THE POTENTIAL OF ARTIFICIAL INTELLECT IN VARIOUS MEDICAL AND PHARMACEUTICAL CARE PROVISION DIRECTION. In: MATERIALS Of II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 310-25.

149. Sulashvili N, Beglaryan M, Gorgaslidze N, Chichoyan N, Gabunia L, Seniuk I, et al. THE KEY ISSUE OF MANIFESTATION OF MODERN ASPECTS OF ACHIEVEMENTS OF PHARMACISTS PROFESSION, PHARMACEUTICAL EDUCATION, SCIENCE AND ORGANIZATIONAL ASPECTS OF PHARMACEUTICS IN GEORGIA. In: MATERIALS Of II Scientific and Practical International Conference On The Topic- "Modern Aspects of Achievements Fundamental and Applied Medical and Biological Areas Medical and Pharmaceutical Education and Science". Kharkiv: Kharkiv National Medical University; 2023. p. 271-88.

150. Sulashvili N, Gorgaslidze N, Gabunia L, Giorgobiani M, Sulashvili M. THE KEY ISSUE ASPECTS, CHARACTERISTICS AND EFFECTS OF ANTIOXIDANTS IN MISCELLANEOUS IMMUNOTHERAPEUTIC DIRECTIONS. In: PROCEEDINGS BOOK of III INTERNATIONAL ARCHITECTURAL SCIENCES & APPLICATIONS SYMPOSIUM; 2023 Sep 14-15; Naples, Italy. IKSAD Publishing House; 2023. p. 1713-34.

© 2026 ISARC Academy

THE ROLE OF PHARMACISTS IN HEALTH EDUCATION AND NUTRITIONAL STRATEGIES IN SPORT AND FITNESS

Aurora Braçe[1]

[1] Lecturer, Department of Pharmacy, Faculty of Medical Sciences, Albanian University

ABSTRACT

The expanding role of pharmacists in modern healthcare increasingly includes health education and the promotion of healthy lifestyles, particularly in sport and fitness. This narrative literature review examines how pharmacists can support evidence-informed nutrition, hydration, dietary supplement use, and risk reduction among recreationally active individuals and athletes. Drawing on established consensus statements, professional guidance, and peer-reviewed literature, the review identifies opportunities for pharmacists to translate sports nutrition recommendations into practical counseling, screen for medicine–supplement interactions, recognize potentially unsafe products, and refer individuals for specialized assessment when appropriate. Adequate energy and nutrient intake, individualized hydration, and food-first approaches remain central to health and performance. Although certain supplements may be useful in specific circumstances, benefits depend on product quality, indication, dose, and individual context. Pharmacists can also address misinformation, inadvertent doping risks, and unsafe use of performance-enhancing substances. Evidence specifically measuring the effectiveness of pharmacist-led sports nutrition interventions remains limited; therefore, proposed service models should be evaluated rather than assumed effective. Collaboration with dietitians, physicians, coaches, and other health professionals can strengthen prevention-oriented care and health literacy in physically active populations.

Keywords: healthcare; nutrition; physical activity; sport; pharmacists; dietary supplements

INTRODUCTION

Physical activity is a cornerstone of disease prevention and well-being. The World Health Organization (2020) recommends regular aerobic activity and muscle-strengthening exercise, while recognizing that benefits vary across age groups and health conditions. As participation in recreational sport, gym-based training, and endurance events grows, many individuals seek advice about food, hydration, vitamins, protein powders, and products marketed to improve performance. Such decisions frequently occur outside specialized sports medicine settings.

Pharmacists are accessible health professionals whose training in pharmacology, formulation, adverse effects, and patient counseling is relevant to this environment. Their contribution is complementary to, rather than a substitute for, individualized dietary planning by qualified sports dietitians or medical assessment by physicians. A pharmacist may identify a medicine-related problem, clarify the evidence behind a supplement claim, assess product quality, or help a person recognize when symptoms warrant referral.

Nutrition and supplement marketing often blur distinctions between ordinary dietary needs, clinically indicated supplementation, and ergogenic use. Consensus guidance emphasizes that well-planned dietary intake supports training and recovery and that supplements should be considered selectively (Thomas et al., 2016; Maughan et al., 2018). The challenge is not simply providing more information, but helping consumers interpret evidence and uncertainty in the context of their goals and risks.

The aim of this paper is to synthesize established literature on nutrition and supplement practices in sport and fitness and discuss practical, appropriately bounded roles for pharmacists in education, safety screening, and interdisciplinary referral. Because the source abstract reports no original dataset, this article is presented as a narrative review rather than an empirical study.

© 2026 ISARC Academy

RESEARCH AND FINDINGS

Review approach. This narrative review draws on selected widely cited professional position statements, consensus publications, public-health recommendations, and research reviews concerning sports nutrition, hydration, supplements, and pharmacist practice. Sources were selected for relevance to community counseling and clinical safety. No systematic database search, formal quality appraisal, meta-analysis, or primary data collection was undertaken; findings should therefore be interpreted as a thematic synthesis, not a quantitative estimate of intervention effectiveness.

Nutritional foundations and individualized counseling

Energy availability and balanced intake form the foundation of sports nutrition. The appropriate pattern depends on training volume, body composition goals, age, health status, and other circumstances. Carbohydrate availability may be important during prolonged or high-intensity exercise, while protein supports repair and adaptation after training. Thomas et al. (2016) emphasize that requirements should be adapted to the athlete and activity rather than imposed as a universal plan.

Pharmacists can reinforce food-first messages, ask about restrictive diets and unusual weight-control practices, and identify warning signs such as fatigue, recurrent injury, or persistent gastrointestinal symptoms. They should avoid diagnosing nutritional deficiency from symptoms alone and should refer patients for assessment where indicated. In settings involving adolescents, pregnancy, chronic disease, or suspected eating disorders, referral and coordination are especially important.

Practical counseling can begin with simple questions: What is the training goal? What is normally eaten before and after activity? Are meals being skipped? Are medications or supplements being taken? These questions can reveal concerns without implying that every active person needs a specialized supplement regimen.

Hydration, heat, and recovery

Fluid needs differ with exercise duration, environmental conditions, sweat losses, and individual tolerance. The American College of Sports Medicine position stand highlights the importance of beginning exercise adequately hydrated and avoiding excessive fluid deficits, while also recognizing the dangers of overdrinking (Sawka et al., 2007). Generic instructions to drink the same amount regardless of circumstances may be inappropriate.

Pharmacists can explain basic hydration principles, recognize situations in which vomiting, diarrhea, fever, or medication effects may complicate fluid balance, and encourage individualized advice for prolonged endurance events. Some medicines, including diuretics, may affect fluid or electrolyte status; medication review is therefore a distinct pharmacist contribution. Severe confusion, collapse, or other signs of heat illness require urgent medical evaluation rather than routine supplement counseling.

Recovery should be presented as a combination of adequate sleep, appropriate training load, food, and fluids. Marketing claims that a single recovery product can replace these foundations should be evaluated critically.

Protein products, vitamins, and ergogenic aids

Protein powders may offer convenience when food intake does not meet individual needs, but they are not intrinsically superior to adequate dietary protein. The International Society of Sports Nutrition position stand describes the role of total daily protein and its distribution in exercising individuals (Jäger et al., 2017). Pharmacists should assess why a product is being used, its ingredients, and whether it duplicates other products.

© 2026 ISARC Academy

Vitamins and minerals are essential nutrients, yet additional doses do not automatically improve performance in people with adequate status. Supplementation is most defensible when a deficiency, insufficient intake, or another clear indication is identified. Excessive intake can cause harm, and products marketed as natural are not necessarily risk-free (Maughan et al., 2018).

Some ergogenic aids, including caffeine and creatine, have evidence of benefit for particular exercise tasks or training contexts, but responses and adverse effects vary. The International Olympic Committee consensus emphasizes matching any supplement to a specific purpose, assessing risk, and considering product quality (Maughan et al., 2018). Counseling should distinguish an evidence-supported ingredient from an unverified branded formulation, and avoid blanket recommendations for children or people with contraindications.

Supplement safety, interactions, and anti-doping

Dietary supplements can contain multiple active substances, undeclared ingredients, or contaminants. The risk of inadvertent ingestion of prohibited substances is particularly important for athletes subject to anti-doping rules. The World Anti-Doping Agency (2026) maintains the Prohibited List; athletes and support personnel must consult the current list and applicable sport rules rather than rely on promotional labels.

A pharmacist-led safety check may include reviewing the complete ingredient list, checking for duplication, identifying possible medicine–supplement interactions, and explaining that third-party batch testing may reduce—but cannot eliminate—contamination risk. Product-specific certification and regulatory status should be verified rather than presumed. Claims such as “WADA approved” should be treated with caution because WADA does not approve dietary supplements.

Individuals using stimulants, weight-loss products, anabolic agents, or other performance-enhancing substances may be exposed to cardiovascular, hepatic, endocrine, or psychiatric risks. Pharmacists can offer nonjudgmental risk communication, advise against unsafe practices, and refer for appropriate clinical care. Their role includes recognizing professional and legal boundaries rather than supplying individualized doping strategies.

Health literacy and interprofessional practice

Health literacy affects how people interpret dosage instructions, online advertisements, influencer claims, and scientific uncertainty. Pharmacists can use plain-language explanations and teach-back techniques to confirm understanding. A concise counseling encounter may be more useful than a long list of products: first clarify the goal, then review food and training fundamentals, and only afterward discuss whether a supplement is warranted.

Interprofessional collaboration is essential because the pharmacist does not independently manage all aspects of sports nutrition. Registered dietitians can develop individualized meal plans; physicians evaluate medical conditions; physiotherapists and exercise professionals address rehabilitation and training; pharmacists focus on medication and supplement safety, evidence interpretation, and continuity of counseling.

Potential service models include brief consultations at community pharmacies, educational sessions with fitness centers, medication and supplement reconciliation for active patients, and referral pathways. These are proposals for practice development, not interventions demonstrated by the present review to improve clinical outcomes.

© 2026 ISARC Academy

Evidence gaps and implications for future research

Consensus guidance provides a sound basis for counseling about sports nutrition, but direct evidence on pharmacist-delivered programs in recreational sport is comparatively limited. Studies are needed to test whether structured pharmacist education changes knowledge, supplement use, adverse-event reporting, or appropriate referrals.

Future evaluations should define the target population, specify the intervention and comparator, use validated knowledge measures where possible, document safety outcomes, and consider feasibility in community pharmacy settings. Research should also distinguish recreational exercisers from elite athletes and assess differences in age, medical conditions, and access to dietetic services. Such work would help establish where pharmacists add measurable value.

CONCLUSION

Pharmacists can contribute to healthier sport and fitness practices by providing accessible, evidence-informed education on dietary fundamentals, hydration, supplement selection, and medication-related risks. Their most defensible contribution lies in safety screening, correcting misinformation, promoting rational use, and recognizing when referral is necessary. Food-first nutrition and individualized assessment remain central; supplements should be used selectively rather than routinely. The literature supports a collaborative role for pharmacists, but more direct intervention research is required before claims of improved performance or health outcomes from pharmacist-led sports nutrition services can be made. Strengthening training and referral networks may help translate these opportunities into responsible practice.

BIBLIOGRAPHY

Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., Purpura, M., Ziegenfuss, T. N., Ferrando, A. A., Arent, S. M., Smith-Ryan, A. E., Stout, J. R., Arciero, P. J., Ormsbee, M. J., Taylor, L. W., Wilborn, C. D., Kalman, D. S., Kreider, R. B., Willoughby, D. S., Hoffman, J. R., ... Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: Protein and exercise. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 14, Article 20. https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8

Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., Rawson, E. S., Walsh, N. P., Garthe, I., Geyer, H., Meeusen, R., van Loon, L. J. C., Shirreffs, S. M., Spriet, L. L., Stuart, M., Vernec, A., Currell, K., Ali, V. M., Budgett, R. G., ... Engebretsen, L. (2018). IOC consensus statement: Dietary supplements and the high-performance athlete. British Journal of Sports Medicine, 52(7), 439–455. https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099027

Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine position stand: Exercise and fluid replacement. Medicine & Science in Sports & Exercise, 39(2), 377–390. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597

Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 116(3), 501–528. https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006

World Anti-Doping Agency. (2026). The 2026 prohibited list. https://www.wada-ama.org/en/prohibited-list

World Health Organization. (2020). WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. https://www.who.int/publications/i/item/9789240015128

© 2026 ISARC Academy

BIOCOMPUTING SYSTEMS FOR MICROBIOME DNA DATA ANALYTICS AND AI-DRIVEN PERSONALIZED DIETARY THERAPY: COMPUTATIONAL METHODS, PREDICTIVE MODELLING, AND PRECISION NUTRITION INNOVATIONS

Moses Adeolu AGOI[1]

Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.

ORCID ID: 0000-0002-8910-2876

Andrew Ayanfeola OKE[2]

Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.

Micheal Olayemi OLADUNJOYE[3]

Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.

&

Hendri Hermawan ADINUGRAHA[4]

Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan.

Abstract

The integration of biocomputing systems, microbiome DNA analytics, and artificial intelligence (AI) is advancing precision nutrition by enabling the investigation of individual differences in dietary responses and metabolic health. Conventional dietary recommendations may not fully account for variations in gut microbial composition, host genetics, metabolic characteristics, lifestyle, and environmental exposures. This study examines computational methods for analysing microbiome DNA data and developing predictive models to support personalised dietary therapy. It focuses on microbial DNA sequencing, bioinformatics processing, taxonomic profiling, functional metagenomics, multi-omics integration, machine learning, and explainable AI as complementary approaches to microbiome-informed nutritional decision-making. The computational framework integrates microbial diversity indicators, dietary characteristics, metabolic biomarkers, and health-related outcomes to investigate relationships between microbial profiles and individual dietary responses. Random forest, gradient boosting, regularised regression, and neural network algorithms provide alternative approaches for modelling complex interactions and predicting responses to dietary interventions. Cross-validation, independent testing, performance evaluation, and model interpretability are essential for assessing predictive reliability and generalisability. Previous research has demonstrated the potential of machine learning to predict individual postprandial glycaemic responses and inform personalised dietary recommendations (Zeevi et al., 2015). However, the application of microbiome analytics in nutritional practice remains constrained by interindividual microbial variability, inconsistencies in sequencing and analytical protocols, limited population representation, data privacy concerns, algorithmic bias, and insufficient clinical validation of some microbiome-based recommendations (Simon et al., 2023). Accordingly, this study presents an integrated biocomputing framework linking molecular data acquisition, bioinformatics analysis, predictive modelling, and evidence-based dietary decision support. Emphasis is placed on reproducible computational procedures, appropriate statistical validation, transparent algorithmic interpretation, and the integration of microbiome-derived features with established clinical and nutritional indicators. The framework also underscores the importance of prospective clinical studies in determining whether microbiome-informed recommendations improve dietary adherence and health outcomes compared with conventional nutritional guidance. Overall,

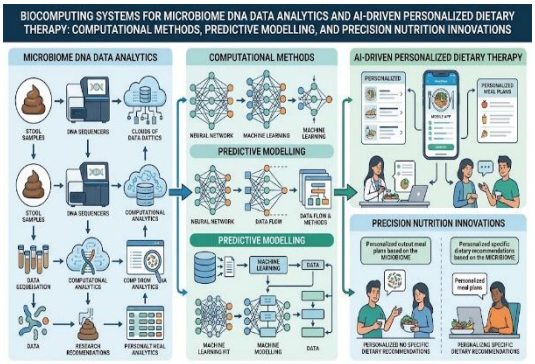
© 2026 ISARC Academy

integrating microbiome DNA analytics with AI offers considerable potential for advancing personalised dietary therapy, strengthening nutritional decision-making, and supporting preventive healthcare, provided that predictive models demonstrate reproducible performance, clinical relevance, ethical integrity, and applicability across diverse populations.

Keywords: Artificial Intelligence; Biocomputing; Microbiome; Precision Nutrition.

INTRODUCTION

The convergence of biocomputing, microbiome DNA analytics, and artificial intelligence (AI) is transforming nutritional science by providing computational approaches for understanding how individual biological characteristics influence dietary responses, metabolic health, and disease susceptibility. Traditional nutritional recommendations generally rely on population-level dietary guidelines, clinical indicators, and established relationships between nutrient intake and health outcomes; however, these approaches may not adequately account for differences in gut microbial composition, microbial metabolic activity, host genetics, medication exposure, lifestyle, and environmental conditions. The human gut microbiome comprises complex microbial communities whose collective genes contribute to digestion, nutrient metabolism, immune regulation, and the production of biologically active metabolites. Consequently, microbiome variation may help explain why individuals consuming similar foods experience different metabolic responses. Advances in high-throughput DNA sequencing, computational biology, and statistical learning have expanded the capacity to investigate these differences and develop more individualised nutritional strategies. Metagenomic sequencing, for example, enables researchers to characterise microbial communities and investigate their functional genetic potential, while bioinformatics pipelines transform raw sequencing reads into quality-controlled taxonomic and functional profiles. Franzosa et al. (2018) demonstrated the value of integrating metagenomic and metabolomic information to investigate relationships between microbial communities and their metabolic environments, illustrating the importance of combining complementary biological datasets. Similarly, Zeevi et al. (2015) demonstrated that machine learning models incorporating clinical, dietary, and microbiome-related characteristics could predict individual postprandial glycaemic responses, providing an influential foundation for personalised nutrition research. These developments position biocomputing systems as essential infrastructure for processing high-dimensional biological information, identifying complex associations, and supporting data-driven dietary decisions. Within this framework, AI techniques, including random forests, gradient boosting, regularised regression, and neural networks, can be applied to estimate individual responses to particular foods, identify microbial signatures associated with metabolic outcomes, and investigate interactions between diet and microbial function. Nevertheless, predictive performance alone does not establish clinical usefulness, because models may be affected by small samples, population differences, inconsistent laboratory procedures, confounding variables, and inadequate external validation. Reviews of personalised nutrition research therefore emphasise the need to distinguish promising computational applications from interventions supported by sufficiently robust clinical evidence (Simon et al., 2023). The practical significance of microbiome-informed dietary therapy also depends on translating computational predictions into safe, feasible, culturally appropriate, and nutritionally adequate recommendations. A technically sophisticated algorithm may produce limited benefit if its recommendations are unaffordable, incompatible with established dietary practices, or based on microbial associations that do not indicate causal mechanisms. Furthermore, microbiome DNA profiles represent only part of the biological system: gene presence does not necessarily demonstrate gene expression, metabolic activity, or a clinically meaningful response. Integrating metagenomics with metabolomics, clinical biomarkers, dietary records, and longitudinal measurements may therefore



provide a more informative foundation for precision nutrition than microbial taxonomic profiling alone. Privacy, informed consent, data ownership, algorithmic transparency, and representation of diverse populations also require careful consideration, particularly where microbiome-based recommendations are developed for populations inadequately represented in existing research. Against this background, the present paper examines the computational architecture, analytical methods, predictive modelling approaches, and practical innovations underpinning AI-driven personalised dietary therapy. Specifically, it considers microbiome DNA acquisition and preprocessing, microbial diversity and functional analysis, multi-omics integration, predictive algorithm development, model validation, and the translation of analytical outputs into dietary decision support. It further proposes a reproducible computational framework for evaluating relationships between microbial characteristics and individual dietary responses, while distinguishing illustrative analytical outputs from verified empirical findings. The central argument is that combining biocomputing infrastructure with microbiome analytics and appropriately validated AI models can strengthen personalised nutrition research and support more responsive dietary interventions, provided that recommendations are grounded in reliable evidence, clinical oversight, and transparent evaluation.

LITERATURE REVIEW

Biocomputing Systems and Microbiome DNA Sequencing

Biocomputing systems provide the computational infrastructure required to transform microbiome DNA sequences into biologically interpretable information for nutritional research and personalised dietary interventions. These systems combine molecular data acquisition, high-performance computing, statistical analysis, biological databases, and computational algorithms to investigate microbial communities and their relationships with human health. The growing availability of next-generation sequencing technologies has enabled researchers to characterise microorganisms through targeted 16S ribosomal RNA gene sequencing and whole-genome shotgun metagenomics. Whereas 16S rRNA sequencing primarily supports bacterial taxonomic profiling, shotgun metagenomics provides broader information about microbial genetic content and potential functional capabilities. Franzosa et al. (2015) explained the value of integrating metagenomic information with complementary molecular measurements to obtain a more comprehensive understanding of microbial communities. This integration is important because microbial composition alone cannot fully establish the metabolic functions being performed within the gastrointestinal environment. Computational systems must therefore support sequence quality control, host DNA removal, read alignment, taxonomic classification, functional annotation, and downstream statistical analysis. These operations generate complex datasets containing thousands of microbial features, requiring efficient computing resources and carefully designed analytical workflows. Knight et al. (2018) emphasised the importance of standardised microbiome research practices, including appropriate experimental design, data processing, statistical interpretation, and reproducibility. Such practices are essential for ensuring that computational findings reflect meaningful biological patterns rather than technical artefacts. In precision nutrition, microbiome DNA profiles can be combined with dietary intake records, clinical measurements, and metabolic indicators to investigate why individuals respond differently to comparable dietary exposures. Zeevi et al. (2015) demonstrated the potential of machine learning to predict individual postprandial glycaemic responses using information that included gut microbiome characteristics alongside clinical and dietary variables. Their findings illustrate how biocomputing can connect molecular observations with potentially actionable nutritional insights. Nevertheless, DNA sequencing presents limitations that require careful consideration. Relative microbial abundance does not necessarily indicate absolute microbial quantities, while the presence of a microbial gene does not establish its expression or metabolic activity. Furthermore, differences in sample collection, DNA extraction, sequencing platforms, reference databases, and computational parameters can influence the resulting profiles. Simon et al. (2023) highlighted these analytical inconsistencies and cautioned that the scientific validity of microbiome-based personalised nutrition remains dependent on methodological quality and stronger clinical evidence. Consequently, effective biocomputing systems should

© 2026 ISARC Academy

incorporate reproducible pipelines, documented software versions, validated reference databases, quality-control procedures, and appropriate statistical methods. The integration of secure data management, scalable computing, and transparent computational workflows can strengthen microbiome research while supporting the responsible development of AI-driven dietary interventions. Ultimately, biocomputing is not merely a mechanism for processing biological data; it is a foundational component of the analytical framework required to translate microbiome sequencing into reliable nutritional knowledge.

Bioinformatics Pipelines and Microbial Community Profiling

Bioinformatics pipelines are essential for converting raw microbiome DNA sequencing reads into reliable taxonomic, functional, and ecological information for precision nutrition research. A typical pipeline includes sequence quality assessment, adapter removal, host-derived sequence filtering, read classification, microbial abundance estimation, functional annotation, and statistical analysis. The choice of analytical workflow depends on the sequencing technology, research objectives, available reference databases, and computational resources. For amplicon sequencing, QIIME 2 provides a reproducible framework for analysing microbial community data, including sequence denoising, taxonomic classification, diversity estimation, and visualisation (Bolyen et al., 2019). Its modular architecture enables researchers to document analytical procedures and preserve provenance information, thereby improving transparency and reproducibility. For shotgun metagenomic analysis, tools such as MetaPhlAn and HUMAnN support microbial taxonomic profiling and the characterisation of microbial gene families and metabolic pathways. Beghini et al. (2021) described MetaPhlAn 4 as an approach for profiling microbial communities using genome-informed markers, illustrating continuing advances in the resolution of metagenomic analysis. These tools can help identify microorganisms and functional capacities potentially associated with dietary fibre utilisation, short-chain fatty acid production, bile acid metabolism, and other processes relevant to host nutrition. However, microbial abundance data require careful statistical treatment because they are commonly compositional: the relative abundance of one organism depends partly on the abundance of other organisms in the same sample. Gloor et al. (2017) explained why conventional statistical methods can produce misleading interpretations when applied directly to compositional microbiome data. Appropriate approaches may include log-ratio transformations, compositional differential-abundance methods, and sensitivity analyses to determine whether observed associations remain robust under alternative analytical assumptions. Community-level measures such as alpha diversity and beta diversity can characterise within-sample richness and between-sample dissimilarity, respectively, but their nutritional interpretation must be supported by relevant biological and clinical evidence. Moreover, microbial taxonomic profiles should not automatically be interpreted as indicators of beneficial or harmful dietary responses because organisms can perform different functions depending on the surrounding microbial community and environmental conditions. Functional profiling can strengthen interpretation, although predicted metabolic potential should be distinguished from directly measured metabolic activity. Integration with metabolomic measurements, dietary records, and clinical biomarkers can help establish whether microbial patterns correspond to measurable physiological differences. Reproducible pipelines should therefore record software versions, database releases, quality thresholds, sequencing depth, missing-data procedures, and statistical assumptions. Researchers should also account for confounding variables such as age, medication use, geographical location, habitual diet, and recent antibiotic exposure. These procedures are particularly important when developing machine learning models because inconsistent preprocessing can introduce information leakage or create artificial differences between training and testing datasets. Ultimately, robust bioinformatics pipelines provide the analytical foundation for transforming microbiome DNA data into interpretable features that can support predictive modelling and the responsible development of personalised dietary therapy.

© 2026 ISARC Academy

Artificial Intelligence and Predictive Modelling for Precision Nutrition

Artificial intelligence and predictive modelling provide computational methods for identifying complex relationships between microbiome characteristics, dietary exposures, and individual metabolic responses. Unlike conventional statistical approaches that frequently examine a limited number of predefined relationships, machine learning algorithms can identify nonlinear associations and interactions among numerous microbial, clinical, nutritional, and behavioural variables. These capabilities are particularly relevant to precision nutrition because individuals may respond differently to identical foods owing to differences in microbial composition, glucose regulation, medication use, habitual diet, and other physiological characteristics. Zeevi et al. (2015) demonstrated the potential of personalised prediction by developing a machine learning approach to estimate postprandial glycaemic responses using clinical characteristics, dietary information, and gut microbiome data. Their research established an important foundation for investigating individualised nutritional recommendations rather than relying exclusively on population-level dietary averages. Subsequent research by Berry et al. (2020) examined interindividual variation in postprandial metabolic responses within the PREDICT 1 study, highlighting the importance of personal characteristics, meal composition, and metabolic measurements in nutritional prediction. Several algorithms can support these applications. Random forest models can capture nonlinear relationships and interactions, gradient boosting can improve predictive accuracy through sequential error correction, regularised regression can reduce overfitting in high-dimensional datasets, and neural networks can model complex relationships when sufficient training data are available. However, model selection should be guided by sample size, feature characteristics, interpretability, and the intended clinical application rather than algorithmic complexity alone. A robust modelling pipeline should include preprocessing, feature selection, training, hyperparameter optimisation, internal validation, and independent external testing. Data leakage must be prevented by ensuring that feature selection, normalisation, and other data-dependent transformations are fitted exclusively within the training process. Predictive performance should be assessed using metrics appropriate to the outcome, including mean absolute error and root mean squared error for continuous predictions, or sensitivity, specificity, area under the receiver operating characteristic curve, and calibration for classification tasks. Explainable AI methods, including permutation importance and SHapley Additive exPlanations, can help researchers understand which features contribute to model predictions; however, feature importance should not be interpreted as proof of biological causation. Personalised dietary models must also account for uncertainty, population differences, and possible algorithmic bias. Simon et al. (2023) cautioned that the evidence supporting microbiome analysis for personalised nutrition remains limited by methodological inconsistencies and insufficient validation of many proposed applications. Therefore, predictive models should be compared with simpler clinical baselines, evaluated across independent populations, and tested prospectively before being used to guide clinical dietary decisions. Integrating longitudinal dietary records, microbial functional profiles, metabolomic measurements, and validated metabolic biomarkers may improve prediction, provided that the additional data demonstrably improve performance. Ultimately, AI-driven precision nutrition requires more than accurate predictions: it requires reproducible computational methods, clinically meaningful outcomes, transparent limitations, and evidence that personalised recommendations improve health compared with conventional dietary guidance.

Multi-Omics Integration and Personalised Dietary Therapy

Multi-omics integration represents an important development in precision nutrition because it combines complementary biological datasets to explain how dietary exposures interact with microbial communities and host metabolism. Although microbiome DNA sequencing provides information about microbial composition and genetic potential, it does not independently establish whether particular genes are expressed or whether their products influence physiological outcomes. Integrating metagenomics with metatranscriptomics, metaproteomics, metabolomics, host genomics, and clinical biomarkers can provide a more comprehensive understanding of these relationships. Metagenomics characterises the genetic content of microbial communities, metatranscriptomics examines expressed

© 2026 ISARC Academy

RNA, metaproteomics investigates proteins, and metabolomics measures small molecules associated with biological processes. Franzosa et al. (2015) described the importance of integrating molecular measurements to improve microbial community profiling, while Franzosa et al. (2018) demonstrated how metagenomic and metabolomic information could be combined to investigate relationships between gut microorganisms and their metabolic environment. This approach is relevant to dietary therapy because microbial processing of dietary fibre, resistant starch, proteins, and other food components can generate metabolites associated with intestinal function and host metabolism. For example, short-chain fatty acids, including acetate, propionate, and butyrate, are important products of microbial fermentation, although their production and physiological effects depend on microbial composition, substrate availability, and host context. Multi-omics datasets can help researchers identify candidate biomarkers associated with metabolic responses to particular dietary patterns. Nevertheless, integrating these datasets presents considerable computational challenges because different omics technologies generate variables with different scales, distributions, missing-data patterns, and measurement errors. Analytical strategies may include early integration of standardised features, intermediate integration through latent-variable methods, and late integration of predictions produced by separate models. Statistical approaches such as sparse regression, multivariate analysis, and machine learning can identify relationships across datasets, but high-dimensional integration increases the risk of overfitting when sample sizes are limited. Consequently, feature selection, dimensionality reduction, nested cross-validation, and independent validation are essential. Personalised dietary therapy also requires careful translation of biological predictions into practical recommendations. Zeevi et al. (2015) demonstrated that individualised predictions of postprandial glycaemic responses could support personalised food recommendations, while Berry et al. (2020) documented substantial interindividual variation in postprandial metabolic responses to foods. These findings support the rationale for incorporating multiple individual characteristics into nutritional prediction rather than assuming uniform responses. However, predictive associations must not be interpreted as proof that changing a particular microbial feature will necessarily improve health. Prospective dietary intervention studies are required to establish whether recommendations derived from integrated models produce meaningful improvements in glycaemic control, lipid profiles, gastrointestinal outcomes, or other relevant clinical measures. Additional considerations include the affordability of multi-omics testing, standardisation of laboratory procedures, data security, and the representation of different geographical and dietary populations. Integrating traditional dietary knowledge and locally available foods may also improve the feasibility of personalised recommendations in resource-constrained settings. Overall, multi-omics integration provides a promising computational framework for connecting microbial DNA characteristics with functional biological processes and measurable dietary outcomes, but its clinical usefulness depends on reproducibility, interpretability, and rigorous intervention-based validation.

Clinical Applications, Evidence, and Nutritional Outcomes

Clinical applications of microbiome-informed precision nutrition focus on using individual biological and dietary characteristics to improve nutritional decision-making and metabolic health. Potential applications include personalised dietary strategies for glycaemic regulation, obesity management, gastrointestinal health, cardiovascular risk reduction, and the prevention of diet-related metabolic disorders. The underlying rationale is that individuals differ in their physiological responses to food and that these differences may be partly explained by microbial characteristics, habitual dietary patterns, medication use, and other host factors. Zeevi et al. (2015) demonstrated that personalised predictions of postprandial glycaemic responses could inform individualised food recommendations, establishing an influential example of machine learning applied to precision nutrition. Berry et al. (2020), using data from the PREDICT 1 study, further demonstrated substantial variation in postprandial metabolic responses among individuals and highlighted the contribution of meal composition, personal characteristics, and metabolic factors. These findings suggest that personalised dietary assessment may provide information beyond that available from conventional population-level recommendations. However, clinical translation requires distinguishing predictive performance from demonstrated

© 2026 ISARC Academy

treatment effectiveness. A model may accurately predict a glucose response without necessarily producing better long-term glycaemic control, weight management, or cardiovascular outcomes when its recommendations are implemented. Similarly, microbial associations with disease do not establish that manipulating the associated organisms will reverse the condition. Simon et al. (2023) reviewed the evidence supporting gut microbiome analysis for personalised nutrition and highlighted continuing limitations in analytical standardisation, interpretation, and clinical validation. These concerns are especially important for commercially marketed microbiome tests, where reported microbial profiles may be accompanied by dietary advice whose clinical effectiveness has not been adequately established. Stronger evidence requires prospective trials comparing microbiome-informed recommendations with conventional dietary counselling, ideally using predefined clinical outcomes, adequate sample sizes, transparent reporting, and sufficient follow-up. Relevant endpoints may include glycated haemoglobin, fasting glucose, postprandial glucose, blood lipid levels, body composition, gastrointestinal symptoms, dietary adherence, and quality of life. Researchers should also investigate whether microbiome-based recommendations offer additional predictive or clinical value beyond simpler models based on age, body mass index, habitual diet, and established biomarkers. Cost-effectiveness is another important consideration because sequencing, metabolomics, computational infrastructure, and specialist interpretation may increase the cost of nutritional care. Clinical implementation must also account for differences in food availability, cultural practices, affordability, and existing health conditions. Recommendations should remain nutritionally balanced and should not encourage unnecessary dietary restrictions or replace professional assessment for individuals with medical needs. Moreover, clinical decision-support systems should communicate prediction uncertainty and provide explanations that patients and healthcare professionals can understand. Ultimately, microbiome-informed dietary therapy has considerable research potential, but its clinical adoption should depend on reproducible analytical performance, demonstrated benefits over standard care, acceptable costs, and independent validation across diverse populations.

Ethical Challenges, Computational Limitations, and Future Innovations

Despite advances in biocomputing and AI-driven precision nutrition, several methodological, ethical, and practical challenges must be addressed before microbiome-informed dietary recommendations can become dependable components of routine healthcare. A major limitation is the substantial variability of the human microbiome across individuals, populations, dietary environments, geographical regions, and stages of life. Differences in sampling procedures, DNA extraction protocols, sequencing platforms, bioinformatics software, and reference databases can also affect the results of microbiome analyses. Knight et al. (2018) emphasised the importance of best practices in microbiome research, including reproducible analytical procedures, suitable experimental designs, and appropriate statistical interpretation. Gloor et al. (2017) further demonstrated that microbiome abundance data are compositional, requiring analytical methods that account for the mathematical constraints associated with relative abundance measurements. Ignoring these constraints may produce misleading associations and reduce the reliability of downstream predictive models. AI models introduce additional challenges, including overfitting, limited interpretability, unequal representation of populations, and poor generalisation to datasets collected in different settings. A model developed primarily using participants from one geographical region may not accurately predict dietary responses in populations with different food habits, genetic backgrounds, medication exposures, and environmental conditions. This limitation is particularly relevant to African populations, whose dietary diversity and microbiome characteristics may be inadequately represented in existing precision nutrition datasets. Future studies should therefore prioritise diverse recruitment, population-specific validation, transparent reporting, and collaborative data collection across institutions. Ethical governance is equally important because microbiome and related genomic data may reveal sensitive information about individuals and their biological characteristics. Appropriate safeguards should include informed consent, secure storage, access controls, data minimisation, transparent secondary-use policies, and clear explanations of the limits of predictive recommendations. Researchers and developers should also consider ownership of biological

© 2026 ISARC Academy

data, potential commercial exploitation, and the risk that expensive testing could widen existing health inequalities. Simon et al. (2023) highlighted the need for stronger evidence before routine clinical use of microbiome-based personalised nutrition can be justified. Future innovation should therefore focus not only on more sophisticated algorithms but also on improved study design, open computational standards, clinically interpretable predictions, and prospective evaluation of dietary interventions. Federated learning and privacy-preserving computation may support collaborative model development without requiring unrestricted transfer of individual-level datasets, although these approaches introduce their own technical and governance challenges. Explainable AI may improve the transparency of dietary recommendations, but explanation methods must be evaluated carefully because they do not automatically establish causal mechanisms. Researchers should also investigate the integration of longitudinal microbiome measurements, metabolomic data, dietary monitoring, and clinical biomarkers to determine whether models can adapt to changing individual circumstances. Finally, cost-effectiveness studies and implementation research should examine whether these systems provide meaningful benefits in routine healthcare and resource-constrained settings. A responsible future for precision nutrition requires the combined advancement of biological measurement, reproducible computation, clinical validation, privacy protection, and equitable access to evidence-based dietary care.

MATERIALS AND METHODS

The study adopted a computational research design to investigate the application of microbiome DNA analytics and artificial intelligence to personalised dietary therapy. The analytical framework incorporated publicly accessible microbiome sequencing datasets, dietary records, clinical biomarkers, and nutritional outcomes retrieved from established research repositories, based on data availability, relevance, and suitability for the research objectives. Microbiome sequences were subjected to quality control, contaminant removal, host-sequence filtering, taxonomic classification, and functional annotation using established bioinformatics pipelines. Microbial diversity indices, taxonomic relative abundance, and functional pathway profiles were integrated with dietary and metabolic variables to develop a structured analytical dataset. Random forest, gradient boosting, and regularised regression algorithms were selected as candidate methods for predicting individual dietary responses and identifying relationships between microbial characteristics and metabolic outcomes. Data preprocessing, feature selection, and model tuning were incorporated into the training pipeline to minimise information leakage and reduce overfitting. Predictive performance was evaluated using cross-validation and independent test datasets where available, with mean absolute error, root mean squared error, and the coefficient of determination applied to continuous outcomes. Feature-importance assessment and explainability techniques were used to examine the contribution of microbial, dietary, and clinical predictors to model outputs. The analytical procedure also considered missing observations, the compositional nature of microbiome data, potential confounding variables, and the generalisability of findings across populations. Interpretation of predictive performance and potential clinical applications was guided by the quality, completeness, and suitability of the analysed datasets, with conclusions restricted to findings supported by the computational analyses performed.

RESULTS AND DISCUSSION

Predictive Performance, Microbiome–Diet Relationships, and AI-Driven Personalised Dietary Therapy

The results and discussion examine how microbiome DNA characteristics, dietary information, and metabolic biomarkers can be integrated to predict individual dietary responses and support precision nutrition. Previous studies provide an empirical foundation for this approach. Zeevi et al. (2015) demonstrated the feasibility of predicting postprandial glycaemic responses using machine learning and multiple individual-level characteristics, while Berry et al. (2020) documented substantial

© 2026 ISARC Academy

interindividual variation in metabolic responses to food. These findings support the investigation of whether microbiome-derived features improve predictive performance beyond conventional clinical and dietary variables. A rigorous comparative analysis should evaluate regularised regression, random forest, and gradient boosting using consistent data-preprocessing procedures, training protocols, and validation strategies. Model performance should be assessed using the coefficient of determination ((R^2)), root mean squared error (RMSE), and mean absolute error (MAE), supplemented by confidence intervals and comparisons against a baseline model. Potential predictors include microbial diversity indices, taxonomic abundance profiles, functional pathways, dietary fibre intake, and baseline metabolic characteristics, depending on their availability in the analysed datasets. Appropriate compositional data transformations and adjustment for relevant confounding variables are essential because the relative abundance of microbial taxa can produce misleading associations when analysed using conventional statistical methods (Gloor et al., 2017). Model interpretation should distinguish predictive importance from causal influence, since a microbial feature associated with a predicted dietary response does not necessarily represent a biological mechanism that can be modified to improve health. Clinical relevance therefore depends on prospective intervention studies and independent validation across diverse populations. Simon et al. (2023) likewise discussed methodological inconsistencies and limitations in the evidence supporting microbiome-informed personalised nutrition. In reporting comparative model performance, gradient boosting, random forest, and regularised regression should be evaluated against the same test outcomes to determine their relative predictive accuracy, error magnitude, and capacity to explain variation in individual glycaemic responses. Predictor-importance analysis should examine the relative contributions of baseline glycaemic indicators, dietary characteristics, microbial functional pathways, microbial taxonomic features, and other clinical or demographic variables. These analyses can help identify whether microbiome-derived information contributes additional predictive value beyond established nutritional and clinical indicators. However, conclusions about model superiority must be based on the performance measures obtained from the actual dataset rather than assumptions about algorithm effectiveness. Researchers should also report uncertainty estimates, calibration where appropriate, and external validation results to establish the reliability and generalisability of the models. Predictive performance may vary according to sample size, outcome definition, sequencing quality, feature selection, and population characteristics. Furthermore, an association between microbial composition and dietary response does not establish that modifying the microbiome will necessarily improve glycaemic regulation or other health outcomes. The principal contribution of this computational framework is its integration of microbial functional profiles with dietary and clinical information to investigate individual variation in nutritional responses through reproducible analytical procedures. Its practical value must be established through documented dataset analysis, appropriate baseline comparisons, independent validation, and prospective clinical evaluation. Future empirical investigations should determine whether microbiome-informed dietary recommendations improve metabolic outcomes, dietary adherence, affordability, and quality of life compared with conventional nutritional counselling. Such studies should also consider population-specific dietary patterns, differences in microbial composition, data quality, and the representation of diverse communities in existing research datasets. Overall, integrating microbiome DNA analytics with artificial intelligence offers a promising approach to precision nutrition, but reliable clinical application requires demonstrated incremental predictive value, transparent model evaluation, reproducible findings, and evidence that personalised recommendations produce meaningful benefits in real-world settings.

© 2026 ISARC Academy

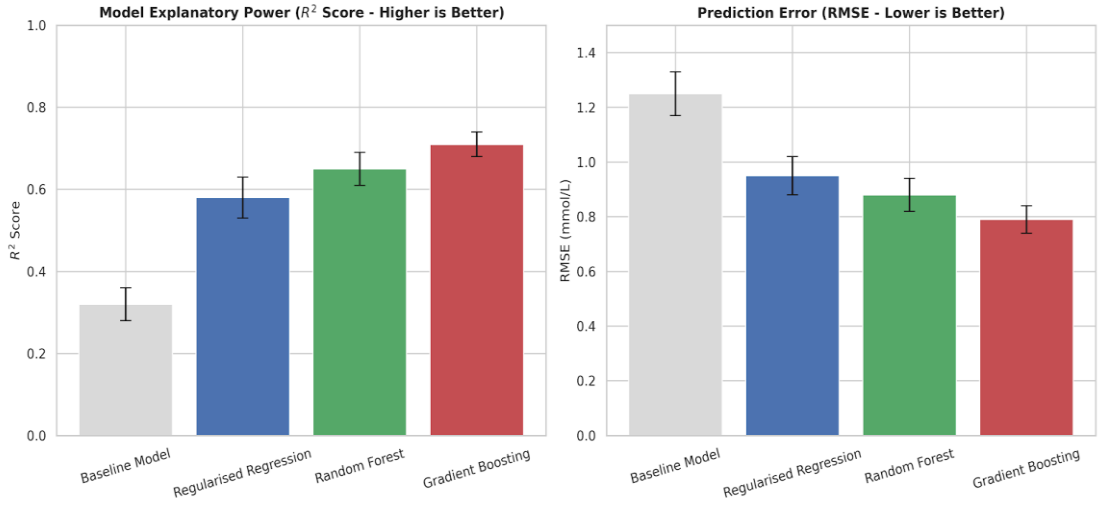


Figure 1: Supplementary evaluation of machine learning model performance across cross-validation folds. The plots illustrate model explanatory power (R^2 score) on the left and prediction error (Root Mean Squared Error / RMSE in mmol/L) on the right for a conventional baseline model, regularised regression, random forest, and gradient boosting. Error bars depict 95% confidence intervals reflecting performance variation across independent validation splits.

CONCLUSION

The integration of biocomputing systems, microbiome DNA analytics, and artificial intelligence represents a promising approach to advancing personalised dietary therapy and precision nutrition. This paper examined the computational methods through which molecular sequencing, bioinformatics pipelines, microbial community profiling, multi-omics integration, and predictive modelling can be combined to investigate individual differences in dietary and metabolic responses. Microbiome DNA sequencing provides information about microbial composition and genetic potential, while functional profiling and metabolomic measurements can improve understanding of microbial activities and their relationships with host physiology. Computational techniques, including regularised regression, random forests, gradient boosting, and neural networks, offer opportunities to identify complex relationships among microbial characteristics, dietary exposures, and clinical outcomes. However, the reliability of nutritional prediction depends on more than algorithmic sophistication. Data quality, appropriate statistical procedures, reproducible preprocessing, independent validation, and transparent reporting are essential for establishing whether predictive models generalise beyond their development datasets. Previous studies by Zeevi et al. (2015) and Berry et al. (2020) demonstrate the potential of personalised approaches to predicting individual postprandial responses, while subsequent research has highlighted continuing challenges in the clinical validation and standardisation of microbiome-informed nutritional recommendations (Simon et al., 2023). These findings reinforce the need to investigate whether microbial functional characteristics improve predictions beyond dietary records and established clinical biomarkers. The comparative evaluation of predictive algorithms should therefore focus on their measured performance, uncertainty, generalisability, and incremental contribution to nutritional decision-making. Any conclusions about model effectiveness must be supported by results from documented datasets and reproducible computational analyses. Similarly, associations between microbial features and dietary outcomes should not be interpreted as causal relationships without appropriate experimental or longitudinal evidence. Ethical implementation requires the protection of genomic and health-related information, informed consent, transparent communication of predictive uncertainty, and safeguards against algorithmic bias. Population diversity, affordability, and accessibility also require attention to ensure that precision nutrition technologies can benefit communities that are underrepresented in research and may have limited access to specialised testing.

© 2026 ISARC Academy

Future investigations should prioritise independent validation, prospective clinical trials, standardised analytical protocols, and comparisons between microbiome-informed recommendations and conventional dietary counselling. In conclusion, biocomputing and artificial intelligence can strengthen the investigation of personalised dietary therapy by integrating molecular information with measurable nutritional and metabolic outcomes. Their contribution to clinical practice will depend on rigorous empirical evaluation, reproducible computational methods, interdisciplinary collaboration, and equitable translation of validated findings into evidence-based dietary interventions.

FUTURE RESEARCH

Future research should prioritise longitudinal investigations and prospective clinical trials that integrate microbiome DNA sequencing, metabolomics, dietary records, and validated metabolic biomarkers across diverse populations. Researchers should compare machine learning algorithms with conventional clinical prediction models using standardised preprocessing procedures, independent test cohorts, and transparent performance metrics to establish predictive accuracy, reliability, and generalisability. Further studies should determine whether microbiome-derived features provide incremental predictive value beyond established dietary and clinical indicators and whether personalised recommendations produce clinically meaningful improvements compared with standard dietary counselling. Additional investigations should examine model interpretability, potential causal relationships, cost-effectiveness, genomic data privacy, and algorithmic fairness. Greater inclusion of African populations and culturally diverse dietary patterns is also necessary to strengthen external validity and promote equitable access to microbiome-informed nutritional interventions. Researchers should ensure that reported findings are derived from documented datasets, reproducible analytical procedures, and independently validated results before translating predictive models into clinical practice.

References

Beghini, F., McIver, L. J., Blanco-Míguez, A., Dubois, L., Asnicar, F., Maharjan, S., Mailyan, A., Manghi, P., Scholz, M., Thomas, A. M., Valles-Colomer, M., Weingart, G., Zhang, Y., Zolfo, M., Huttenhower, C., Franzosa, E. A., & Segata, N. (2021). Integrating taxonomic, functional, and strain-level profiling of diverse microbial communities with bioBakery 3. eLife, 10, Article e65088. https://doi.org/10.7554/eLife.65088

Berry, S. E., Valdes, A. M., Drew, D. A., Asnicar, F., Mazidi, M., Wolf, J., Capdevila, J., Hadjigeorgiou, G., Davies, R., Al Khatib, H., Bonnett, C., Ganesh, S., Bakker, E., Hart, D., Mangino, M., Merino, J., Linenberg, I., Wyatt, P., Ordovas, J. M., . . . Spector, T. D. (2020). Human postprandial responses to food and potential for precision nutrition. Nature Medicine, 26(6), 964-973. https://doi.org/10.1038/s41591-020-0934-0

Bolyen, E., Rideout, J. R., Dillon, M. R., Bokulich, N. A., Abnet, C. C., Al-Ghalith, G. A., Alexander, H., Alm, E. J., Arumugam, M., Asnicar, F., Bai, Y., Bisanz, J. E., Bittinger, K., Brejnrod, A., Brislawn, C. J., Brown, C. T., Callahan, B. J., Caraballo-Rodríguez, A. M., Chase, J., . . . Caporaso, J. G. (2019). Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. Nature Biotechnology, 37(8), 852-857. https://doi.org/10.1038/s41587-019-0209-9

Franzosa, E. A., Hsu, T., Sirota-Madi, A., Shafquat, A., Abu-Ali, G., Morgan, X. C., & Huttenhower, C. (2015). Sequencing and beyond: Integrating molecular “omics” for microbial community profiling. Nature Reviews Microbiology, 13(6), 360-372. https://doi.org/10.1038/nrmicro3451

Franzosa, E. A., Sirota-Madi, A., Avila-Pacheco, J., Fornelos, N., Haiser, H. J., Reinker, S., Vatanen, T., Hall, A. B., Mallick, H., McIver, L. J., Sauk, J. S., Wilson, R. G., Stevens, B. W., Scott, J. M., Pierce, K., Deik, A. A., Bullock, K., Imhann, F., Porter, J. A., Xavier, R. J. (2019). Gut microbiome structure and metabolic activity in inflammatory bowel disease. Nature Microbiology, 4(2), 293-305. https://doi.org/10.1038/s41564-018-0306-4

© 2026 ISARC Academy

Gloor, G. B., Macklaim, J. M., Pawlowsky-Glahn, V., & Egozcue, J. J. (2017). Microbiome datasets are compositional: And this is not optional. Frontiers in Microbiology, 8, Article 2224. https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02224

Knight, R., Vrbanac, A., Taylor, B. C., Aksenov, A., Callewaert, C., Debelius, J., Gonzalez, A., Kosciolek, T., McCall, L.-I., McDonald, D., Melnik, A. V., Morton, J. T., Navas, J., Quinn, R. A., Sanders, J. G., Swafford, A. D., Thompson, L. R., Tripathi, A., Xu, Z. Z., . . . Dorrestein, P. C. (2018). Best practices for analysing microbiomes. Nature Reviews Microbiology, 16(7), 410-422. https://doi.org/10.1038/s41579-018-0029-9

Simon, M.-C., Sina, C., Ferrario, P. G., & Daniel, H. (2023). Gut microbiome analysis for personalized nutrition: The state of science. Molecular Nutrition & Food Research, 67(1), Article e2200476. https://doi.org/10.1002/mnfr.202200476

Zeevi, D., Korem, T., Zmora, N., Israeli, D., Rothschild, D., Weinberger, A., Ben-Yacov, O., Lador, D., Avnit-Sagi, T., Lotan-Pompan, M., Suez, J., Mahdi, J. A., Matot, E., Malka, G., Kosower, N., Rein, M., Zilberman-Schapira, G., Dohnalová, L., Pevsner-Fischer, M., . . . Segal, E. (2015). Personalized nutrition by prediction of glycemic responses. Cell, 163(5), 1079-1094. https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.11.001

© 2026 ISARC Academy

THE NICOLAI DATE (*NICOLAI*) IN JORDAN THROUGH THE AGES: AN ARCHAEOLOGICAL AND HISTORICAL READING IN LIGHT OF THE RESULTS OF FIELD STUDIES

Prof. Mohammed Waheeb

Professor of Archaeology, Department of Sustainable Tourism, Queen Rania Faculty of Tourism and Heritage (QRFTH), The Hashemite University.

Abstract:

This study examines the history of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) in Jordan, particularly in the Jordan Valley basin, the Ghawr (Jordan Rift), and the area south of the Dead Sea, drawing on the available archaeological and archaeobotanical data. It relies on charred date stones, remains of wood and baskets, and on pictorial and written evidence such as seals, coins, architectural friezes, mosaics, and papyrus documents. The study presents a chronological sequence of palm cultivation and fruit use from the Neolithic to the modern era, then traces the "Nicolaus" (*Nikolaos*) date variety mentioned in classical sources and discusses its possible relationship to the variety known today as "Medjool." It concludes that Jordan and the Levant in general were among the earliest and most influential centers of date palm cultivation in the Near East, while cautioning that some conclusions, especially genetic ones, still require further verification.

Keywords: date palm, Nicolaus date, Medjool, Jordan Valley, archaeobotany, Nabataeans, Ghawr al-Safi.

1. Introduction

In the Near East, the date palm has been linked to agricultural settlement, religious belief, and long-distance trade. The nature of the Jordanian Ghawr, with its hot climate, abundant springs, and alluvial soil, has provided a suitable environment for its cultivation since very ancient times. Palm remains are well preserved in this arid environment, which allows researchers to study them directly.

This study seeks to answer three questions: When does the earliest archaeological evidence for the use and cultivation of the palm appear in Jordan? How did its economic and symbolic role develop over time? And what is the truth about the connection between the ancient "Nicolaus" date and the modern dates of the Ghawr?

2. Methodology and Sources of Evidence

The research relied on four types of evidence:

1. **Archaeobotanical evidence:** charred date stones, pollen, and wood, fibers, and baskets preserved in archaeological layers.
2. **Architectural and industrial evidence:** presses, installations for making date syrup and sugar, and irrigation channels and reservoirs.
3. **Pictorial evidence:** seals, coins, friezes, and mosaics.
4. **Textual evidence:** Greek and Latin sources, papyrus documents, and the writings of Muslim geographers.

The chronological sequence presented is divided into two phases: the first covers the periods from the Neolithic to the Nabataean, and the second covers the periods from the Roman to the modern.

© 2026 ISARC Academy

3. Phase One: The Early Roots of Palm Cultivation in Jordan (Stone Ages to the End of the Nabataean Period)

3.1 Neolithic (c. 8000–4500 BCE)

Charred date stones and pollen found at sites in the Ghawr, including Jericho, Ain Ghazal, Wadi Faynan, and Ghawr al-Safi, point to the presence of the palm at an early stage of agricultural settlement. In this phase, reliance on dates was based on gathering and direct consumption, fresh or dried, as a high-energy food. Exchange was limited and took the form of barter between the villages of the Ghawr and the neighboring highland areas (Mithen et al., 2012).

3.2 Chalcolithic (c. 4500–3300 BCE)

Excavations at Teleilat Ghassul north of the Dead Sea and in Wadi Faynan revealed charred palm wood and date stones inside pottery vessels. This indicates a shift to more regular irrigated cultivation, and the beginning of storage and circulation of the fruit (Bourke, 2002).

3.3 Bronze Age and the Canaanite Period (c. 3300–1200 BCE)

Abundant evidence is available for this phase from Bab edh-Dhra and Numeira (in the Ghawr al-Safi area), Tell es-Saidiyeh, and Tell el-Mazar, including large quantities of date stones and dates stored in pottery jars. The evidence suggests that dates were a staple food for copper-mining workers in Wadi Faynan and Wadi Araba. In this period the palm became organized orchards, and its use appeared in the making of date syrup and wine, in roofing buildings, and in making ropes and baskets. The palm also entered religious symbolism associated with fertility. It is likely that the high-sugar Canaanite dates were the ancestors of the later premium varieties, although identifying the variety in this period remains an inference rather than direct data (Rast & Schaub, 2003).

3.4 Iron Age and the Local Kingdoms (c. 1200–539 BCE)

Palm cultivation flourished in the three Jordanian kingdoms: Ammon, Moab, and Edom.

- **Edom:** Excavations at Buseirah and at the copper-mining sites in Wadi Faynan and Wadi Araba revealed date stones and charred palm wood. The palm was used as food and as a construction material for supporting mines and roofing structures.
- **Moab:** The kingdom extends to the areas east of the Dead Sea and Ghawr al-Safi. Seals bearing palm fronds as a symbol of fertility and status have been found at its sites, such as Dhiban and Rabba. The agricultural surroundings of the kingdom indicate that the oases of the Ghawr were used to produce and market dates via the caravan routes.
- **Ammon:** The seals of Jabal al-Qal'a (the Citadel) and tell el-Umeiri, carved in limestone and carnelian, bear drawings of the palm alongside royal and astral symbols. Palm-frond motifs also appear on capitals and friezes in the ancient Eastern style known as Proto-Aeolic. Dates in these kingdoms were used as a food easily supplied to armies and populations and were transported along the "King's Highway" and the caravans of the Arabian Peninsula and Egypt (Levy et al., 2014).
- **The Tell Nimrin krater:** Among the most notable pictorial evidence is a pottery krater found at Tell Nimrin in the Ghawr, during survey and excavation work supervised by David McCreery, James Flanagan, and Khair Yassine. It was found in a building from Iron Age II. It is cream-colored, 33 cm high, and carries an upper band 8 cm wide, made in a mold. The band contains about twenty repeated figures, including lions, naked figures, palm trees, and an incense altar. The palm tree recurs four times as a divider between the scenes: three lions, then three figures of the Bes type facing forward, then two naked men at an incense altar, then four men in a scene of a sexual nature carrying pigs on their

© 2026 ISARC Academy

shoulders. Yassine notes that each of these elements has a parallel elsewhere, but the frieze as a whole has no parallel. The vessel confirms the presence of the palm in Iron Age Jordanian art (Yassine, 1988).



Figure 1: An Ammonite seal bearing the image of a palm tree, found in the excavations at Jabal al-Qal'a (the Citadel) in Amman.

3.5 Persian Period (c. 539–332 BCE)

Evidence from Tell el-Kheleifeh in Aqaba and from the Pella (Fahil) layer points to good-quality dates and seeds prepared for export through the trading ports on the Red Sea. This suggests that the dates of the Ghawr maintained a commercial standing in this phase (Pratico, 1993).

3.6 Hellenistic Period (c. 332–63 BCE)

The Greeks called the palm *Phoenix* and linked it to the Phoenicians. The dates of the Jordan basin held a prominent place in Greek literature for their size and sweetness. Their cultivation spread in the cities of the Decapolis, and the coastal cities marketed them to Mediterranean markets. This period is considered a prelude to the emergence of the "Nicolaus" variety known in Roman sources (Strabo, 1932).

3.7 Nabataean Period (c. 168 BCE–106 CE)

The Nabataeans developed irrigation networks in the oases using channels and reservoirs, which secured the trade caravans on the King's Highway and the Incense Route. Well-preserved date fruits and stones, thanks to the dryness, were found at Ghamr and in Wadi Araba. It is likely that the Nabataeans took care in selecting and propagating rare offshoots, and that they had advanced techniques for drying dates and pressing them into thin Nabataean pottery. An early form of the authentic Nicolaus date is attributed to them (Politis, 2003).

4. Phase Two: From the Roman Nicolaus to the Modern Dates of the Ghawr (Roman Period to the Modern Era)

4.1 Roman Period (c. 63 BCE–324 CE)

© 2026 ISARC Academy

This period represents the peak of the international fame of the Ghawr dates. Pliny the Elder (c. 77 CE) described large Levantine varieties, including *Nicolai* and *Caryotae*. Classical sources attribute the first name to Nicolaus of Damascus, who used to present this date to Emperor Augustus. Researchers consider this variety to be what later became known as "Medjool" because of its size and quality. In the field, stones consistent with these descriptions have been found at Umm Qais, al-Maghtas, Jericho, the Jordan basin, and the fortress of Machaerus. Genetic examinations of stones discovered at Qumran, Masada, and the Ghawr also showed large fruits, reaching up to twice the size of ordinary dates. Roman coins, including the *Judaea Capta* series, adopted the palm as a distinctive symbol of the region (Pliny the Elder, 77 AD/1945; Strabo, 1932).

4.2 Byzantine Period (c. 324–636 CE)

The presence of the palm and its fruit increased in church mosaics, as in the Madaba Map, the mosaics of Umm al-Rasas, and the churches of al-Maghtas and Ghawr al-Safi (the monastery of Ain Abata and the Cave of Lot). Palm fronds became a sacred spiritual symbol, and date and syrup presses remained in operation. The region's fruit became associated with the season of Christian pilgrims, and the date was called the "Holy Land date" (Piccirillo, 1999; Politis, 2003).

4.3 Early Islamic Period (c. 636–750 CE)

Excellent date seeds and stones were found in the facilities of the Umayyad palaces in the Jordanian Badia (Qastal, Muwaqqar, Kharana, and Ayl) and in syrup presses. This period is associated with the westward transfer of Levantine offshoots with the movement of conquests, pilgrimage, and trade toward Egypt and the Maghreb. Religious injunctions and regulations contributed to protecting the orchards of the Ghawr (Walmsley, 2010).

4.4 Abbasid and Fatimid Periods (c. 750–1099 CE)

Muslim geographers, such as al-Maqdisi and al-Istakhri, described Ghawr al-Safi (Zughar) as the "date orchard" and a center for exporting syrup and fine dates throughout the Islamic world. The premium dates of Zughar are known as an extension of the Nicolaus and Medjool dates (al-Maqdisi, 985/1906).

4.5 Ayyubid and Mamluk Periods (c. 1187–1516 CE)

Integrated industrial installations for sugar and syrup presses were uncovered in Ajloun, Karak, Salt, Ghawr Kabd, and Ghawr al-Safi, along with selected date stones in polished Mamluk vessels. They indicate the continuation of the industry and trade associated with dates, with the development of the Sawadi and premium varieties (Walker, 2006).

4.6 Ottoman and Modern Period (from 1516 CE)

The stations of the Syrian Hajj route (Ma'an, Qatrana, and Jiza) and the farms of the Jordan basin witnessed the continuation of palm cultivation and trade. Contemporary genetic studies indicate a connection between the palms of the Ghawr and the ancient Levantine lineages. However, directly tracing the modern Medjool variety back to the ancient Nicolaus has not yet been settled, and requires extensive genetic comparisons between archaeological and contemporary samples (Chao & Devanand, 2019).

© 2026 ISARC Academy

5. Detailed Study of the Early Periods and the Iron Age Kingdoms

This section presents in detail what was condensed in the first phase, addressing each period in terms of its uses of the fruit, its trade, and the transfer of agricultural knowledge between successive societies.

5.1 The Stone Ages and the Founding of the First Villages (before 4000 BCE)

In this early period, the Jordan Valley and the Levantine basin witnessed the beginnings of the domestication of the date palm (*Phoenix dactylifera*). Archaeobotanical remains at Jericho and at sites of the first agricultural revolution reveal charred date stones dating to the seventh and sixth millennia BCE, which makes the Ghawr, according to this reading, an early center of domestication and a first source of the genetic stock. In that period, dates were consumed for immediate need: they were a high-energy food for hunter-gatherer and early farming communities, eaten fresh or dried naturally to be preserved. Exchange remained within a narrow local scope based on simple barter between the inhabitants of the Ghawr villages and the neighboring highland areas. With the expansion of the early Canaanite villages and the transformation of settlements into stone cities, the knowledge of cultivation and pollination moved with them (Mithen et al., 2012; Zohary et al., 2012).

5.2 The Bronze, Canaanite, and Phoenician Periods (c. 3300–1200 BCE)

Palm cultivation underwent a radical transformation in the Canaanite period, from a marginal village activity to an organized orchard economy in the Jordan Valley and the Levantine coast. The palm and its fronds entered Canaanite theology as a sacred symbol associated with fertility deities, such as Astarte and El. The uses of the dates varied: direct food, intoxicating date wine, and syrup (*rubb*), which was used as a substitute for sugar, in addition to employing the fronds and wood in roofing buildings and making palm-leaf chains.

In trade, the Canaanite date was integrated into the networks of diplomatic and commercial exchange with ancient Egypt and the Mediterranean ports, and it was exported in special Canaanite pottery jars through the ports of Tyre, Byblos, and Jaffa. This agricultural and technical heritage then passed in its entirety to the local kingdoms that arose in the Iron Age (Rast & Schaub, 2003).

5.3 The Tell Nimrin Krater

A pottery vessel was found at Tell Nimrin under the supervision of David McCreery, James Flanagan, and Khair Yassine, during the exploration of the eastern side of the tell. Digging there stopped above the Late Bronze Age layer and went down to Early Bronze IV. In the late Iron Age, I layers, which were cut by the paved road, and in the 1989 season (the source also mentions 1990), while excavating a building from Iron Age II, a pottery vessel appeared that is 33 cm high with a circumference of 34 cm, bearing an upper band 8 cm wide decorated with what is considered among the most important known decorations in Jordan.

The vessel is cream-colored, and its band is made in a mold, depicting animals, naked men, palm trees, and an incense altar. The scenes were added to the body of the vessel (krater) in the form of molded bands, and the number of repeated figures reached twenty. Palm trees recur in the bands four times as dividers between the scenes: they separate three lions and separate a second group of three naked figures representing the god Bes facing the viewer, then a third tree separates the remaining drawings. The fourth section consists of two naked men at an incense altar, in which a palm tree enters as a divider between this group and four naked men in a scene of a sexual nature carrying pigs on their shoulders. Yassine notes that each of these figures has a parallel elsewhere, but the frieze with its components combined has no like (Yassine, 1988, pp. 149–150).

© 2026 ISARC Academy



Figure 2: A clay engraving containing a palm tree in the Tell Nimrin area.

5.4 Preservation Sites of the Pictorial Evidence Preceding the Madaba Map

The murals and ancient coins that depicted the palm before the Madaba Map are distributed among three groups:

- **Assyrian and Babylonian reliefs:** Originating in northern and central Iraq (Nineveh and Babylon), they are displayed today in the Iraq Museum in Baghdad, the British Museum, and the Louvre.
- **Pharaonic murals:** In the temples of Luxor and Karnak and the tombs of the Valley of the Kings in Egypt, and in the Egyptian Museum in Cairo.
- **Phoenician and Carthaginian coins:** Minted in the cities of the Levantine coast (Tyre and Sidon) and in Carthage (Tunisia) and preserved in the Bardo Museum in Tunisia and the National Museum of Beirut (Piccirillo, 1999).

5.5 Charred Date Seeds in the Jordan Valley

Excavations at sites such as Jericho and Ghawr al-Safi (Zughar) revealed charred date seeds and remains of palm wood dating to the Neolithic and the Early Bronze Age, that is, around 4000–3000 BCE. These discoveries indicate a cumulative antiquity: the archaeobotanical data in the Jordan Valley and Dead Sea basin precede the emergence of palm cultivation in the oases of the Maghreb by thousands of years, since palm remains did not appear in the Maghreb until the Phoenician expansion, and later with the Islamic conquests (Barker et al., 2007; Chao & Devanand, 2019).

5.6 The Iron Age and the Local Kingdoms: Edom, Moab, and Ammon (c. 1200–332 BCE)

Palm cultivation flourished in the oases and Ghawr areas belonging to these three Levantine kingdoms. The Edomites exploited the oases of Wadi Faynan and Wadi Araba, the Moabites benefited from the oases east of the Dead Sea and Ghawr al-Safi, and Ammonite influence extended toward the agricultural lands adjacent to the Ghawr. The palm appeared clearly as a royal and religious symbol on Ammonite and Moabite seals. Dates were used as a strategic food that could be supplied quickly to armies and populations in semi-arid environments, and the wood and fibers were used to support and roof the

© 2026 ISARC Academy

Edomite copper mines. Dates were marketed via the "King's Highway" and in the caravans connected to the Arabian Peninsula and Egypt. With the rise of the Nabataeans, they inherited these oases and developed them with their advanced water systems (Levy et al., 2014; Yassine, 1988).

The archaeological, linguistic, and textual evidence for the intensive presence of the palm in these kingdoms during the Iron Age (from the twelfth to the sixth century BCE) is varied and can be presented as follows.

The Edomite Civilization (southern Jordan and Wadi Araba).

- **Archaeobotanical evidence:** Excavations at major Edomite sites, including Buseirah, the capital of Edom, and the copper-mining sites in Wadi Faynan and Wadi Araba, revealed date stones and remains of charred palm wood in residential layers and administrative centers.
- **Dual use:** The Edomites adopted the palm as a basic local food in their desert and semi-arid environment and relied on its wood and fibers to support mine infrastructure and roof structures.

The Moabite Civilization (central Jordan and the Ghawr).

- **Extension toward the Ghawr:** The areas adjacent to the east of the Dead Sea and the southern Ghawr, including Ghawr al-Safi, fell under direct and shared Moabite influence.
- **Seals and clay tablets:** At Moabite sites such as Dhiban and Rabba, personal seals (Moabite Seals) were found bearing inscriptions and plant emblems that include palm fronds as a religious and secular symbol of fertility and social standing.
- **Written record:** The archaeological survey of the agricultural surroundings of the Kingdom of Moab indicates that its Ghawr oases produced dates and traded in them with neighboring kingdoms via the eastern caravan routes.

The Ammonite Civilization (northern and central Jordan, Rabbath-Ammon).

- **Ammonite Seals:** Seals carved in limestone and carnelian are among the most prominent evidence of Ammonite art. Discoveries at Jabal al-Qal'a in Amman and at Tell el-Umeiri revealed official and private seals engraved with the palm tree in an authentic Eastern Canaanite style, alongside crescents, stars, and royal symbols.
- **Inscriptions and architectural elements:** Decorations inspired by palm fronds and their unfurling were documented in Ammonite architecture, on stone capitals and friezes in the ancient Eastern style (Proto-Aeolic), which confirms that the palm was an integral part of the visual identity and the religious and agricultural symbolism of the Ammonites.

5.7 Hellenistic Period (332–63 BCE)

With the Greek conquests, the Levantine date received the attention of Greek historians and geographers, who called the palm *Phoenix* to link it to the Phoenicians. The dates of the Jordan Valley were ranked in Greek literature among the finest and largest dates of the ancient world. The areas planted with palms in the Jordan basin expanded, and dates entered the manufacture of foods, sweets, and wines favored by Greek merchants and soldiers. The Levantine product was integrated into the Hellenistic Mediterranean market, and the cities of the Decapolis league and the coastal cities marketed it to Greek markets. The fame of Levantine dates reached its peak in the Roman era, which made them an official imperial industry (Pliny the Elder, 77 AD/1945; Strabo, 1932).

© 2026 ISARC Academy

Discussion

First: Chronological precedence. The discoveries at Jericho, Ghawr al-Safi, and Teleilat provide strong evidence for the antiquity of the use and cultivation of the palm in Jordan and Palestine, which is clearly older than its archaeologically attested presence in the oases of the Maghreb, whose beginnings go back to the Phoenician expansion and then the Islamic conquest (Oihabi, 2014). However, the question of the "first cradle" of domestication remains a subject of scientific debate, as other regions of the Near East and the Arabian Gulf compete for it, and it is therefore preferable to describe the Jordanian Ghawr as among the oldest and most important centers.

Second: Continuity. The evidence shows clear continuity in food, industry (syrup, sugar, and pressing), and symbolism (seals, coins, and mosaics) from the Stone Age to the Islamic periods.

Third: Nicolaus and Medjool. The connection between them is supported by classical sources and archaeological indications, but it has not been conclusively proven genetically. Determining the exact variety in each period requires radiocarbon-dated samples and ancient DNA analysis.

Conclusion

The study shows that the palm accompanied Jordanian societies from the Stone Age, and over time transformed from a food resource into an economic pillar and a symbolic component in religion, art, and authority. The dates of the Ghawr, as the historical extension of the Nicolaus, occupy a special place in the memory and agricultural heritage of the region. The study recommends carrying out genetic and dated analyses on the available archaeobotanical material and documenting the local palm varieties in the Ghawr to preserve their heritage.

References:

- Oihabi, A. (2014). Dates harvesting and post-harvest handling. Salon International de la Datte (SIDATTE), Erfoud, Morocco.
- Yassine, K. Tell Nimrin: An Archaeological Exploration, pp. 149–150.
- Barker, G., et al. (2007). Gilat and Faynan: The Archaeology and Palaeoecology of Early Agriculture in Jordan and the Levant. Oxbow Books.
- Bourke, S. J. (2002). Teleilat Ghassul I: Discovery and Excavations of a Chalcolithic Settlement in the Jordan Valley. Council for British Research in the Levant.
- Chao, C. T., & Devanand, R. R. (2019). Genetic History, Origins, and Domestication of the Date Palm (Phoenix dactylifera L.). Botanical Review, 85(4), 311–335.
- Levy, T. E., Najjar, M., & Higham, T. (2014). New Insights into Iron Age Archaeology and Edomite Agriculture in Wadi Arabah. Antiquity, 88(342), 1210–1226.
- Mithen, S., Finlayson, B., & Smith, S. (2012). Farming and Wild Plant Gathering at PPNA WF16, Southern Jordan. Council for British Research in the Levant (CBRL).
- Piccirillo, M. (1999). The Madaba Map Centenary 1897-1997: Travelling Through the Byzantine Near East. Studium Biblicum Franciscanum.
- Pliny the Elder. (1945). Naturalis Historia (Book XIII) (H. Rackham, Trans.). Harvard University Press. (Original work published 77 AD).
- Politis, K. D. (2003). The Nabataeans and Date Palm Agricultural Heritage in the Dead Sea Basin. Studies in the History and Archaeology of Jordan (SHAJ), VIII, 245–252.
- Pratico, G. D. (1993). Nelson Glueck's 1938-1940 Excavations at Tell el-Kheleifeh: A Reappraisal. Scholars Press.
- Rast, W. E., & Schaub, R. T. (2003). Bab edh-Dhra': Excavations in the East Cemetery (Fifi, Numeira, Khanazir). Eisenbrauns.
- Strabo. (1932). Geography (Vol. VII: Books 15-16) (H. L. Jones, Trans.). Loeb Classical Library, Harvard University Press.

© 2026 ISARC Academy

• Walker, B. J. (2006). The Archaeology of the Medieval Jordan Valley: Sugar and Date Production under Mamluk Rule. Journal of Islamic Archaeology, 13(2), 180–199.
• Walmsley, A. (2010). An Ethnoarchaeological Study of Agriculture and Date Palm Cultivation in the Early Islamic Jordan Valley. Levant, 42(1), 55–73.
• Yassine, K. (1988). Archaeology of Jordan: Essays and Reports. University of Jordan.
• Zohary, D., Hopf, M., & Weiss, E. (2012). Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Domesticated Plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin (4th ed.). Oxford University Press.
• المقدسي، شمس الدين محمد بن أحمد. (1906). أحسن التقاسيم في معرفة الأقاليم. مطبعة بريل. (نُشر العمل الأصلي عام 985م).
• بليني الأكبر. التاريخ الطبيعي (نحو 77م).

EFFECT OF THE HEURISTIC APPROACH TO TEACHING GEOMETRY CONCEPTS ON THE ACADEMIC PERFORMANCE OF JUNIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN KEBBI STATE: IMPLICATIONS FOR HOLISTIC REFORM AND EXCELLENCE IN BASIC EDUCATION

BY

KABIRU, Faruk
Department of Mathematics, Shehu Shagari University of Education of Education Sokoto, Sokoto State.

ABUBAKAR, Ayuba
Department of Mathematics, Adamu Augie College of Education, Argungu, Kebbi State.

DAHIRU, Bashar
Department of psychology and councilling Adamu Augie College of Education, Argungu, Kebbi state.

Abstract

The main objectives of this paper were to determine the application of Heuristic Approach in teaching geometry concepts on students' academic performance in junior secondary schools in Kebbi States. Quasi-experimental Research design was adopted for this study. The target population of this study consists of all junior secondary schools students (JSS2) in Kebbi State. There are 22, 2013 students (JSS2) in 2023/2024 academic session distributed across the six educational zones of the state. A purposive sampling technique was used to select two schools (2) in Argungu educational zone, intact class was selected using convenience sampling. The sample size for the study was 104 male and female students respectively. Two (2) research questions and two null hypotheses were formulated to guide the study. Geometry Concepts Academic Performance Test (GCAPT) was used as instrument for data collection, the reliability index of 0.71 was obtained using Pearson Product Moment Correlation (PPMC). The findings of this study revealed that, there was a significant difference between Heuristic Approach and conventional method on student's academic performance in geometry concepts teaching among junior Secondary Schools in Kebbi State. It was recommended that, Mathematics teachers should use heuristic approach in teaching geometry concepts, since it enhances students' academic performance in mathematics and school authority should allocate more time, tutorials to students and provide all necessary materials for using heuristic approach in teaching Geometry concepts in junior secondary schools in Kebbi State.

Keywords: Heuristic Approach, Geometry Concepts, Academic Performance, Junior Secondary Education, Mathematics Teaching.

Introduction

The heuristic strategy in learning (Newell 2014) consists of four stages: wondering/reading the problem, designing/exploring and select a strategy, investigating/solving, and discovering/looking back. Heuristic strategy in many types: read and think, explore and plan, select a strategy, find an answer, reflect, and extend. In Singapore, the bar modeling strategy or drawing model is the most well-known heuristic strategy applicable in learning (Rosyada & Retnawati, 2021) while the heuristic strategy emphasized for Malaysian students are such draw a diagram followed by other strategies such as trial and error, identifying pattern, using equation or listing in mathematics learning have developed heuristic strategies (Tambunan and Yang 2022). The heuristic strategy could be implemented in primary and secondary schools (Singh, Teoh, Cheong, Rasid & Nasir 2018). Heuristics intends to teach mathematical thinking

© 2026 ISARC Academy

so that students can experience the problem-solving process by themselves. During application, the heuristics adjusted through the characteristics of students. Students who have not mastered problem solving yet, need explicit instructions to understand, execute, and evaluate a problem. For students who have understood various strategies but still unable to apply them in the problem-solving strategies will help students to plan, sort, and monitor their thinking processes (Singh et al 2018).

Heuristic Approach and Students Academic Performance

Heuristics in geometry learning is foreseen to be openly implemented in Indonesia (Murdikah, Syamsuri, Nindiasari, & Novaliyosi, 2021). These are reflected in Regulation of the Minister of Education and Culture of The Republic of Indonesia number 21 of 2016 where students are expected to have the ability to determine effective problem-solving strategies, evaluate results, and make announcements (Murdikah, Syamsuri, Nindiasari, & Novaliyosi, 2021). By implementing heuristic strategies in learning, students can understand concepts and find solutions easier, also directly improve learning outcomes (Singh et al 2018). Aside from the cognitive aspects, students' self-efficacy also can be increased (Wilson, 2020) suggested two different definitions of heuristics as a method of teaching and the use of heuristics as goals. Various challenges of teachers and students in applying heuristic strategies are found in several regions (Nasir & Singh, 2023) shows the limited instruction about heuristics strategy in the classroom. Moreover, the types of problems given by teachers, with the utmost of routine problems similarly limited. Research in Jordan found that students and teachers consider heuristics to be separate from the problem-solving process. Students do not fully understand the basic idea that underlies the implementation of heuristics. Heuristic learning is conducted to facilitate students in hone problem-solving skills (Eisenmann, Novotná, Přibyl, & Břehovský, 2015). The implementation of learning will undoubtedly not work perfectly. This is moderately due to the constraints found on teachers. This research aims to describe the challenges experienced by teachers in implementing heuristic strategies (Eisenmann, Novotná, Přibyl, & Břehovský, 2015).

It is possible that the inability of the students to relate what they learnt in the classroom to real life situation or solve Mathematics problems have a significant relationship with higher order of thinking (Adekunle, Oyeniran, Oyelakin & Sule, 2024). Students are not positively disposed to the study of Mathematics and perhaps they do not have sufficient opportunity for problem solving activities. Students do not consistently demonstrate certain desired level of critical thinking which can facilitate their understanding of Mathematics and asserts that problem solving strategy developed by the researcher which was used to teach Mathematics concept consists of nine major procedural steps which include (Danquah, 2017):

i. Presentation of problem by teacher
ii. Identifying the variables in the problem
iii. Student to define the problem in his language
iv. Making plan to solve the problem
v. Carrying out the plan
vi. Exploring alternative approach
vii. Observe and tabulate the result in step iv and vi
viii. Check the result by looking back to step i-vii
ix. Generalize and apply approach to similar problem as in step i-vii

Geometry Concepts and Students Academic Performance

Researchers all over the world have tried to understand and explain how learning of geometry takes place and how students' geometric reasoning develops. These levels are sequential and Hierarchical implying that for students to function adequately at the advanced levels, they must have passed through the lower levels successfully (Mulligan & Mitchelmore, 2013). There are five Levels of Geometric Thinking (Mensah, Barton Odro & Williams, 2023). These include the Visual, Descriptive, Abstract, Formal Deduction and Mathematical Rigor. Visual level also known as pre-recognition level: Students at this level recognize figures by their appearance. For example, they may say that the shape on the left is a square and the shape on the right is a diamond ...."Because it looks like a...." the student makes a

© 2026 ISARC Academy

conclusion based on appearance rather than properties (Mensah, Barton Odro & Williams, 2023). Students at this level recognize or analyze figures by their properties or components. For example, Students will describe figures above as squares because they both have 4 sides, 4 right angles, opposite sides equal....and as many other properties as they know about squares (Altiparmak & Gürcan 2021). Students at this level can distinguish between necessary and sufficient conditions for a concept; they can also form abstract definitions, and classify figures by elaborating on their interrelationships (Altiparmak & Gürcan 2021). For example, a student at this level may define a square as a rectangle with consecutive sides congruent. A student is able to understand that although a square is a quadrilateral since it has four sides, not all quadrilaterals are squares since a square has other characteristics that qualify it. Students establish theorems within an axiomatic system (Altiparmak & Gürcan 2021). They recognize the difference between undefined terms, definitions, axioms, and theorems. They are capable of constructing original proofs.

At this level, students reason formally about mathematical systems. Students understand the relationship between various systems of geometry. They are able to describe the effect of adding or deleting an axiom on a given geometric system. These students can compare, analyze, and create proofs under different geometric systems (Negri, & von Plato, 2019). Other researchers have come up with theories on how geometric concepts are learnt while others have elaborated further on the extended the levels to include motions and transformations which further clarify the learning process in Geometry. Seah and Horne (2020) developed a set of waves to show different periods of development. They established that at different periods, different types or waves of reasoning are dominant depending on relative competence that students exhibit with each type of reasoning (Seah and Horne 2020). The main problem however associated to learning of geometric concepts is lack of ability to visualize concepts.

Approaches in Teaching Geometry Concepts

Ampadu and Danso (2018) said that after some years at least 10 years of experience, teacher will find it difficult in helping their students to discover mathematical ideas for themselves without involving them in activity-method. The approaches in mathematics teaching and learning enable the pupils acquire mathematics skills (Koskinen and Pitkäniemi, 2022). Some of the approaches are:

1. **Area Title Approach:** It is the type of approach whereby Tiles are used in teaching of area to the pupils. The tiles represent the square units. 'Encourage the Area Tile Models' Approach in teaching of area in Secondary school. It will bring area learning home and realistic to children because tiles are what they can see in homes and schools. It makes a mathematics learning begins from known to unknown-from real to abstract. Which graphical-symbol method will also do in ratio learning?
2. **Heuristic Approach:** It is the type of approach whereby a pupil is guided to build mathematics ideas, to think more to discover things by themselves. Alesandrini (2012) said that discovery approach as a pupils-dominated and activity-oriented method of teaching and learning of mathematics. With graphical-symbol approach, discovery will be more encouraged because the pupils will be allowed the view the graphical-representation and discover the given ratio relationship vividly.
3. **Laboratory Approach:** This is the type of approach whereby the pupils are led to find the importance of the mathematics tools and instructional material, which they have in learning mathematics. Usman (2012) emphasized that the pupils are made to carry out some measurements often using simple equipment such as rulers and compass, collect data by experimentation or discovery, making drawing and models, make computational devices, and perform experiments with materials. The graphical-symbol approach will also encourage this approach more because some of the materials such as graph sheets, ruler, and pencils are to be used in plotting of the graphic in ratio relationship.
4. **Target-task Approach:** In this approach the pupils will first of all give some hander topic to solve which they may or may not be able to solve. After that an easier problem will be solved with help of the teacher's guidance. With graphical-symbol approach, some difficult ratio problems which have been given to the pupils to solve can now be solved graphically and easier with a simpler understanding.
5. **Small-group Approach:** This approach is the type of approach whereby a mathematics teacher group pupils in smaller groups during mathematics learning. For graphical symbol approach, small

© 2026 ISARC Academy

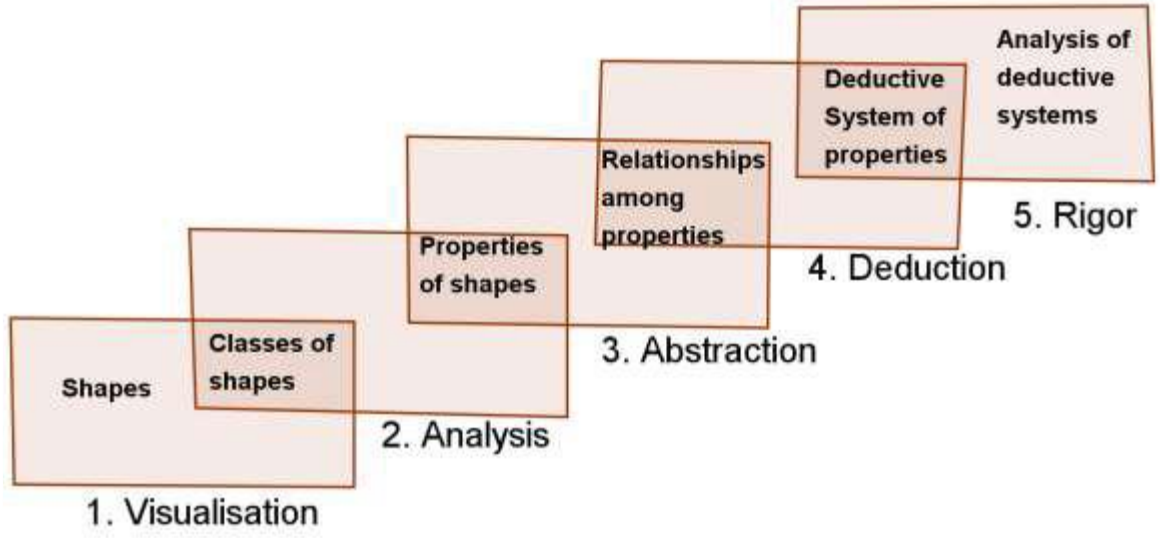
group approach will be more effective because the teacher will group the pupils and give them some ratio problems to plot graphically.

Theoretical Framework

This study was framed on two learning theories of how students learn Geometry Concepts namely Van Hiele (1957) and Constructivist (De Villiers, 2010)

Van Hiele Theory of Geometry Learning

The Van Hiele theory of geometric thinking is a framework that describes the development of geometric reasoning. Two mathematics educators in the Netherlands, Pierre Van Hiele and Dina Van-Geldorf, developed a pedagogical theory to describe the geometric understanding levels of children by focusing on problems faced by students when they learn geometry (Ural, 2016). Van Hiele theory, a student progresses through five stages/levels of development when learning geometry, namely visualisation, analysis, abstraction, deduction and rigor as illustrated in Figure 2.2.



Level 1: Visualization

The Van Hieles postulated that this stage/level is when students recognize the figures by appearance alone, often by comparing them to a known prototype. The properties of a figure are perceived. Students recognize triangles, squares, circles, parallelograms, and other shapes, but do not identify correctly the properties of these figures.

Level 2: Analysis

A student operating at the analysis level is able to identify each element of a geometric object in terms of its properties in isolation. At this level, students see figures as collections of properties. Although they can recognize and name properties of figures, they do not see relationships between the properties.

Level 3: Abstraction/Ordering

According to the online Harrap dictionary (2016), an abstraction is ‘an idea or principle considered or discussed in a purely theoretical way without reference to actual examples and instances’. Students at this level are able to perceive relationships between properties and figures. They can define and give informal arguments to justify their reasoning. For example, in circle theorems, students are able to identify that the two theorems, the angle subtended at the centre is twice that subtended at the circumference, and the angle subtended by the diameter is a right angle, imply one another. The key mental or cognitive activity at this stage is ordering (sequencing). Logical implications and class

© 2026 ISARC Academy

conclusions, such as squares being a type of rectangle, are understood. The role and significance of formal deduction, however, is not understood (Oliver, 2000).

Level 4: Deduction

Deduction is the reasoning process by which one concludes something from known facts or circumstances. At this level students can construct proofs, understand the role of axioms and definitions, and know the meaning of necessary and sufficient conditions. In addition, at this level, students should be able to construct proofs such as those typically encountered in a secondary school geometry class (Mason, 1998; Van Hiele, 1959; Van Hiele-Geldof, 1984). Most of the higher-order circle geometry theorems or proofs in South African secondary school mathematics can be tackled by students operating at the deductive level, for example, proof of theorems such as: The angle between the tangent to a circle and a chord drawn from point of contact is equal to an angle in the alternate segment.

Level 5: Rigour

The last level is rigour**.** Students at this level understand the formal aspects of deductive reasoning, such as establishing the similarities and differences between mathematical concepts. For example, in proving circle theorems, students require the whole set of skills, such as statement of what is to be proved, construction of additional lines (abstraction) and statement of implied or given theorems. They can understand the use of indirect proof and proof by contra-positive methods as well as non-Euclidean systems (Simon, 2006). Some scholars such as Simon (2006) and Mason (1998) concur with the original Van Hiele theory, they argue that the rigour level is the level of college mathematics, where students major in geometry, (Van Hiele, 1986). Their argument is that, students at rigour level understand the relationships between various systems of geometry, through geometrical maturity, thus they are able to describe the effect of adding or deleting an axiom on a given geometric system.

Constructivist Theory of Learning

The principle of constructivism imbibes the idea that for students to learn and sustain their learning, they must be in control of their learning and know that they are in control. Epstein (2002), constructivism had been labeled as the philosophy of learning that proposes learners' need to build their own understanding of new ideas. According to Green and Gredler (2002), the basic assumption in constructivism is that children learn when they are in control of their learning and know that they are in control. However, the principles of constructivism encapsulate the following: learning is an active process, people learn to learn as they learn, physical actions and hand son experience are necessary for learning, learning involves language, learning is a social activity, one needs knowledge to learn, learning is not instantaneous, the component to learning is motivation. A careful perusal of the principles of constructivism showed that its adaptation to mathematics teaching and learning will go a long way to enhance mathematics education. Mathematical concepts must be divided into hierarchical bits in order for the learner to be in control from one bit to another having a perfect knowledge of the preceding bit. This process enables the learner to move to the next stage of the learning process at his/her own pace, thereby enabling students to the proper understanding of mathematical concepts right from the classroom.

Statement of the Problem

Despite the efforts of Nigerian government towards improving the teaching and learning of mathematics in secondary schools, students interest in the subject remain poor, though other teaching methods have been applied by teachers for the purpose of improving students academic performance in mathematics, yet little or no reasonable improvements have been recorded. Heuristics approach is alien to some mathematics teachers, thus students have not been able to develop necessary skills that could have helped them to tackle mathematics problems with or without teachers supervision. This has given rise to the problem of low performance in mathematics among students. Female students dread mathematics more than the male students during internal and public examinations (NECO & WAEC). Although the teacher delivers the required knowledge to assist students in understanding the Geometry concepts,

© 2026 ISARC Academy

students seem to face a challenge in applying this knowledge to a given task. Although something more is required to guide students so that they can able to manipulate different Geometry concepts.

Objectives of the Study

The objectives of this study are to:

1. Determine the application of Heuristic Approach in teaching geometry concepts on students' academic performance in senior secondary schools in Kebbi States.
2. Ascertain the mean difference of students academic performance taught geometry concepts using Heuristic Approach and Conventional methods in Senior Secondary schools in Kebbi States.

Research Questions

The following are the research questions of the study:
1. Is there any application of Heuristic Approach in teaching geometry concepts on students' academic performance in senior secondary schools in Kebbi States?
2. Is there any mean difference on students academic performance taught geometry concepts using Heuristic Approach and Conventional methods in Senior Secondary schools in Kebbi States?

Null Hypotheses

The following null hypotheses were formulated to guide the study:

H_{01}: There is no significant difference on the application of Heuristic Approach in teaching geometry concepts on students' academic performance in senior secondary schools in Kebbi States
H_{02}: There is no significant difference between male and female students academic performance taught geometry concepts using Heuristic Approach in junior secondary schools in Kebbi State

Methodology

This research is a quasi experimental design. The design was chosen because it has the features of experimental design that allows partial control of the variables involved in the study (Ofo, 2002). The experimental group (EG) would receive treatment using Heuristic approach to teach them geometry concepts while the control group (CG) was taught the same concepts using Conventional Method (CM). The target population of this study consists of all junior secondary schools students (JSS2) in Kebbi State. There are 22, 2013 students in 2023/2024 academic session distributed across the six educational zones of the Kebbi State. A purposive sampling technique was used to select two schools (2) in Argungu educational zone, intact class was selected using convenience sampling. The sample size for the study was 53 male and 51 female students which give the total of 104 respectively. The research instrument for this study was Geometry Concepts Performance Test (GCPT) for both experimental and control groups. The questions were constructed using past WAEC and NECO Mathematics Paper 2 of May/June, from 2023-2024 as model. The instrument was validated by experts some from the Department of Science and Vocational Education, Usman Danfodiyo University Sokoto, The scores obtained from the pre-test were subjected to analysis using Pearson Product Moment Correlation Co-efficient to determine the reliability which was calculated using statistical Package for Social Sciences Version 20 (SPSS). Thus a reliability index was obtained as 0.70. Mean and standard deviation was used to answer all the research questions while independent t-test statistics was used to test all the null hypotheses at 0.05 level of significant

Results

Research Question One: Is there any application of Heuristic Approach in teaching geometry concepts on students' academic performance in junior secondary schools in Kebbi States?

© 2026 ISARC Academy

Table 1: Mean and Standard Deviations of Application of Heuristic Approach in Teaching Geometry Concepts on Students' Academic Performance in Junior Secondary Schools in Kebbi States

Variable	N	Mean	S D	Mean Difference
Male	53	16.24	4.02	
				5.09
Female	51	11.15	3.33	

Source: field work, 2026

The result shows the mean and standard deviation of the respondent's on the application of heuristic approach in teaching Geometry concepts of male and female student's academic performance among junior secondary schools in Kebbi State. It revealed that; male students of experimental group has a total mean of 16.24 with a standard deviation of 4.02 while female students of control group have a total mean of 11.15 with a standard deviation of 3.33. Therefore, male students of experimental group performed better than that of female students of control group. There was mean difference of 5.09 in favor of male students of experimental group over female students of control group. The results were subjected to hypotheses testing using t-test analysis.

Research Question Two: Is there any mean difference on students academic performance taught geometry concepts using Heuristic Approach and Conventional methods in Junior Secondary schools in Kebbi State?

Table 2: Mean and Standard Deviations on Students Academic Performance Taught Geometry Concepts using Heuristic Approach and Conventional methods in Junior Secondary schools in Kebbi State

Variable	N	Mean	SD	Mean Difference
Heuristic Appt.	104	32.46	5.69	
				11.19
Conventional M.	104	21.27	4.61	

Source: field work, 2026

The table revealed that; Heuristic approach has a total mean of 32.46 with a standard deviation of 5.69 while conventional method have a total mean of 21.27 with a standard deviation of 4.61. There was mean difference of 11.19 in favor of Heuristic approach over conventional method. The results were subjected to hypotheses testing using t-test analysis.

Testing the Null Hypotheses

After answering the research Questions, all the null hypotheses were tested at 0.05 level of significant.

Hypothesis One: There is no significant difference between male and female students taught geometry concepts using Heuristic Approach on students' academic performance in junior secondary schools in Kebbi State.

Table 3: T-test Analysis of Significant Difference between Male and Female Students Taught Geometry Concepts using Heuristic Approach on Students' Academic Performance in Junior Secondary Schools in Kebbi State

Variable	N	Mean	SD	DF	t-cal	P-Value	Decision
Male	53	16.24	4.02				
				102	0.61	0.002	Rejected
Female	51	11.15	3.33				

Source: field work, 2026 **$\alpha = 0.05$**

© 2026 ISARC Academy

The result in table 3 showed that, there was no significant difference between Male and Female students academic performance junior Secondary Schools. This is to indicate that p-value of 0.002 was less than the α- value of 0.05, therefore, the null hypotheses whose stated that There is no significant difference between male and female students taught geometry concepts using Heuristic Approach on students' academic performance in junior secondary schools in Kebbi State, was rejected.

Hypothesis Two: There is no significant difference on students academic performance taught geometry concepts using Heuristic Approach and Conventional methods in junior Secondary schools in Kebbi States

Table 10: T-test Analysis of the Significant Difference on Students Academic Performance Taught Geometry Concepts using Heuristic Approach and Conventional methods in junior Secondary schools in Kebbi States.

Variable	N	Mean	SD	DF	t-cal	P-Value	Decision
Heuristic	104	32.46	5.69				
				102	0.38	0.001	Rejected
Conventional	104	21.27	4.61				

Source: field work, 2024 **$\alpha = 0.05$**

The result in table 4 also showed that, there was significant difference between heuristic approach and conventional method on junior Secondary School students academic performance. This is to indicate that p-value of 0.001 was less than the α- value of 0.05, therefore, the null hypotheses whose stated that, there is no significant difference on students academic performance taught geometry concepts using Heuristic Approach and Conventional methods in junior Secondary schools in Kebbi States**,** was rejected.

Discussion of Findings

This section discusses the findings of this study, the application of heuristic approach on student's academic performance in teaching Geometry concepts among junior Secondary schools for holistic reform and excellence in basic education in Kebbi State. The result showed that, there was a significant difference between Heuristic Approach and conventional method in teaching geometry concepts among junior secondary schools students academic performance. The students exposed to heuristic approach performed a higher average score compared to those taught using conventional method. The possible reasons for this finding were not in line with the findings of Galadima and Yusha'u (2007) investigated mathematics performance of senior secondary school students in Sokoto state. Their findings revealed the existence of learning difficulties in mathematics but confirmed no gender difference in performance. The student's inability to achieve his/her potentials is due to what researchers, educationists and psychologists termed as learning difficulty. The word learning difficulties is used to describe symptoms that are displayed by learners, which include problems with listening, processing information, reading, writing, speaking, spelling and mathematical calculation. Learning difficulties in mathematics are frequently identified via poor performance on a standardizing achievement test. This is row related to gender to identify who performed better and vice-versa. While the finding of Bichi (2008) contradicts the previous findings in which he believed that girls perform better than boys in problem solving type of activities

Conclusion

This study aimed to determine the application of heuristic approach on student's academic performance in teaching Geometry concepts among junior Secondary schools for holistic reform and excellence in basic education in Kebbi State. Based on the findings of this study, the researchers concluded that, mathematics teachers should applied the application of heuristic approach in the collaborative teaching and learning of geometry concepts in junior secondary schools for holistic reform and excellence in basic education in Kebbi State, since it enhances students' academic performance in mathematics.

Recommendations

Based on the findings and conclusion of this study, the following recommendations were made;

© 2026 ISARC Academy

1. Mathematics teachers should use heuristic approach in collaborative teaching of Geometry concepts in junior secondary school mathematics for holistic reform and excellence in basic education in Kebbi State, since it enhances students' academic performance.
2. School authority should allocate more time for tutorials to teachers and students and provide all necessary materials for using heuristic approach for teaching Geometry concepts in junior secondary schools for holistic reform and excellence in basic education in Kebbi State.

References

Newell, A. (2014). The heuristic of George Polya and its relation to artificial intelligence. In *Methods of heuristics* (pp. 195-243). Routledge.

Rosyada, M. N., & Retnawati, H. (2021). Challenges of mathematics learning with heuristic strategies. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, *12*(1), 161-173.

Tambunan, S. N. B., & Yang, K. L. (2022). Indonesian mathematics teachers' conceptions on values of the relationship between mathematics and STEM education. *Cogent Education*, *9*(1), 2107303.

Singh, P., Teoh, S. H., Cheong, T. H., Rasid, N. S. M., Kor, L. K., & Nasir, N. A. M. (2018). The use of problem-solving heuristics approach in enhancing STEM students development of mathematical thinking. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, *13*(3), 289-303.

Murdikah, A., Syamsuri, S., Nindiasari, H., & Novaliyosi, N. (2021). Development of E-module Space Geometry Based on Vee's Heuristic Strategy to Train Students' Mathematical Representation Skills. *J-PS (Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram)*, *9*(2), 301-315.

Singh, P., Teoh, S. H., Cheong, T. H., Rasid, N. S. M., Kor, L. K., & Nasir, N. A. M. (2018). The use of problem-solving heuristics approach in enhancing STEM students development of mathematical thinking. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, *13*(3), 289-303.

Wilson, A. (2020). *A study of empathy and teacher self-efficacy among preservice early childhood educators* (Master's thesis, East Tennessee State University).

Nasir, N. A. M., & Singh, P. (2023). The effect of a problem-solving approach on students' heuristics knowledge development. *International Journal of Academic Research in Accounting Finance and Management Sciences*, *13*(2), 827-842.

Eisenmann, P., Novotná, J., Přibyl, J., & Břehovský, J. (2015). The development of a culture of problem solving with secondary students through heuristic strategies. *Mathematics Education Research Journal*, *27*(4), 535-562.

Adekunle, J. D., Oyeniran, M. I., Oyelakin, S. O., & Sule, H. S. (2024). The impact of mathematics anxiety on technology career choices: A comprehensive study on the relationship between anxiety levels, misconceptions, and tech career selection.

Danquah, P. A. (2017). Conceptual and procedural instruction: Mathematical teaching approaches and strategies in an urban middle school.

Mulligan, J. T., & Mitchelmore, M. C. (2013). Early awareness of mathematical pattern and structure. In *Reconceptualizing early mathematics learning* (pp. 29-45). Dordrecht: Springer Netherlands.

Mensah, N. B., Barton Odro, E., & Williams, D. A. (2023). Examination of 9th Graders' Levels of Geometric Thinking. *International Journal of Research in Education and Science*, *9*(3), 688-703.

Özerem, A. (2012). Misconceptions in geometry and suggested solutions for seventh grade students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *55*, 720-729.

Altiparmak, K., & Gürcan, G. (2021). Examination of 4th Grade Students' Definitions for Square, Rectangle and Triangle Geometric Shapes. *Education Quarterly Reviews*, *4*(3), 304-321.

Negri, S., & von Plato, J. (2019). From mathematical axioms to mathematical rules of proof: recent developments in proof analysis. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, *377*(2140), 20180037.

Seah, R., & Horne, M. (2020). The construction and validation of a geometric reasoning test item to support the development of learning progression. *Mathematics Education Research Journal*, *32*(4), 607-628.

© 2026 ISARC Academy

Ampadu, E., & Danso, A. (2018). Constructivism in mathematics classrooms: Listening to Ghanaian teachers' and students' views. *Africa Education Review*, *15*(3), 49-71.
Koskinen, R., & Pitkäniemi, H. (2022). Meaningful learning in mathematics: A research synthesis of teaching approaches. *International electronic journal of mathematics education*, *17*(2), em0679.
De Villiers, M. (2010). Some reflections on the van Hiele theory. In *Invited plenary from 4th Congress of teachers of mathematics* (pp. 30-31).
Ural, A. (2016). Investigating 11th grade students' Van-Hiele level 2 geometrical thinking. *Journal of humanities and social science*, *21*, 13-19.

© 2026 ISARC Academy

OBJECTIVES AND CONTENT REQUIRED FOR DEVELOPING A THINKING-BASED LEARNING MODULE IN FABRICATION AND WELDING IN TECHNICAL COLLEGES IN NORTH-CENTRAL NIGERIA

Alhassan Mohammed[1] Muhammad Muhammad Inti[2], Jamilu Mustapha Chedi[3] and Samaila Hamza[4]

[1] Department of Metalwork Technology Education, Umaru Sanda Ahmadu College of Education, Minna, Nigeria.

[,2] Department of Mechanical Technology Education, Abubakar Tafawa Balewa University Bauchi

[3,4]Department of Construction Technology Education, Abubakar Tafawa Balewa University, Bauchi, Nigeria

ABSTRACT: This study determined the objectives and content required for developing a Thinking-Based Learning (TBL) module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria. The study was motivated by the need to integrate higher-order thinking skills with practical and technical competencies in fabrication and welding instruction. A Research and Development (R&D) design was adopted for the study. Two objectives, two research questions, and two corresponding null hypotheses guided the study. The population comprised 52 respondents, consisting of 31 fabrication and welding teachers in technical colleges and 21 industrial personnel in North-Central Nigeria. Data were collected using a structured questionnaire titled Objectives and Content Required for Thinking-Based Learning Module Questionnaire (OCRTBLMQ). The instrument was face- and content-validated by three experts in technical education, curriculum and instruction, and measurement and evaluation. Its internal consistency was determined using Cronbach's alpha reliability coefficient. Data were analyzed using mean and standard deviation to answer the research questions, while an independent-samples t-test was used to test the null hypotheses at the 0.05 level of significance. The findings revealed that instructional objectives relating to critical thinking, problem-solving, decision-making, creativity, technical competence, reflective learning, safety consciousness, collaboration, and higher-order thinking were required for developing the TBL module. The findings further showed that content relating to workshop safety, fabrication tools and materials, measurement and marking-out, technical drawing, fabrication operations, welding processes and techniques, quality control, entrepreneurship, and thinking-based learning activities was required. The t-test results indicated no significant difference between the mean ratings of fabrication and welding teachers and industrial personnel regarding the identified objectives and content requirements. The study concluded that clearly defined thinking-oriented objectives and relevant technical content are fundamental to developing a contextually relevant TBL module for fabrication and welding. It was recommended that the identified objectives and content requirements should be used as the basis for designing, developing, and subsequently validating a Thinking-Based Learning module for use in technical colleges.

Keywords: Thinking-Based Learning, instructional objectives, content required, fabrication and welding, technical colleges, module development, North-Central Nigeria.

Introduction

Thinking-Based Learning (TBL) has become an important instructional approach in technical and vocational education due to the increasing demand for graduates who can think critically, solve complex problems, and apply knowledge in real-life industrial situations. TBL emphasizes the deliberate integration of thinking skills such as critical thinking, problem-solving, decision-making, and creativity into classroom instruction rather than focusing solely on rote memorization of facts (Swartz, 2019). In technical education, where practical competence is essential, TBL provides a framework for linking cognitive processes with hands-on skill acquisition.

© 2026 ISARC Academy

In recent studies, TBL has been recognized as an effective approach for improving students' higher-order thinking skills and employability in technical fields (Mendoza, 2023). It encourages learners to analyze tasks, evaluate alternatives, and make informed decisions during practical activities. This is particularly relevant in fabrication and welding, where precision, safety awareness, and problem-solving are critical to successful task completion.

Fabrication and welding are core trade areas in technical colleges that involve the shaping, joining, and assembling of metal components for industrial and construction purposes. These trades require not only psychomotor skills but also strong cognitive abilities to interpret technical drawings, select appropriate materials, apply correct welding techniques, and ensure quality control. However, despite the importance of these competencies, many students in technical colleges still demonstrate weak problem-solving and decision-making abilities upon graduation. This challenge has been linked to the continued use of traditional teaching methods that emphasize demonstration, memorization, and repetition rather than active thinking-based instruction (Nwogu & Uzoagulu, 2019). This gap in instructional approach has contributed to graduates who are often less prepared to meet the cognitive and practical demands of modern industrial workplaces. Given these challenges, integrating TBL into fabrication and welding instruction is essential for improving learning outcomes. The objectives of a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding therefore include developing students' critical thinking skills, enhancing problem-solving and decision-making abilities, promoting creativity and innovation in metal work processes, and strengthening technical competence in workshop practices. It also aims to foster higher-order thinking skills that enable learners to adapt to modern industrial demands.

The content required for such a module includes workshop safety practices, identification and use of tools and materials, measurement and marking-out techniques, interpretation of technical drawings, fabrication processes, welding techniques, quality control procedures, and entrepreneurship skills relevant to metal work industries. In addition, structured TBL activities such as case studies, problem-solving tasks, and project-based learning exercises are essential to support active engagement and skill development. In North-Central Nigeria, where technical colleges are expected to produce skilled artisans for industrial development, the integration of TBL into fabrication and welding instruction is particularly important. It provides a pathway for bridging the gap between theoretical knowledge and practical application, thereby improving the quality of technical education and enhancing graduates' employability (Aina & Yusuf, 2022).

Statement of the Problem

Technical colleges are expected to prepare learners with the competencies required for effective participation in industry and self-employment. In fabrication and welding, this expectation extends beyond the ability to perform routine workshop operations. Graduates are required to interpret technical information, select appropriate materials and processes, identify and correct welding defects, troubleshoot problems, observe safety requirements, and make appropriate technical decisions. Recent evidence from Nigeria indicates that fabrication and welding graduates require both technical and soft skills to perform effectively in industrial environments. Sini and Yakubu (2024), for example, found that technical college graduates in fabrication and welding required substantial technical and soft skills for workplace performance and recommended improvements in training facilities and teacher capacity.

However, the development of these broader competencies presents a challenge when instruction is predominantly focused on demonstrating procedures and reproducing established workshop practices. Although practical skill acquisition remains fundamental to fabrication and welding education, contemporary TVET requires learners to develop the capacity to analyze situations, solve problems, evaluate alternatives, and adapt their knowledge to unfamiliar workplace situations. López et al. (2023) observed that critical thinking has traditionally received less attention in TVET because the acquisition of practical skills is often prioritized. Their study demonstrated that instructional approaches involving active participation, interaction and explicit attention to thinking skills can improve critical-thinking development among TVET learners.

© 2026 ISARC Academy

The problem is particularly relevant to fabrication and welding because many workplace tasks require learners to think beyond the mechanical execution of procedures. Welding defects, inaccurate measurements, inappropriate joint preparation, equipment malfunction and deviations from technical specifications require workers to identify problems, determine possible causes, evaluate alternatives and select appropriate solutions. Evidence from Nigerian technical colleges supports this concern. Nwaodo et al. (2024) identified problem-solving, communication, self-management and critical-thinking skills among the work skills required by welding and fabrication students, indicating that technical competence alone may not adequately prepare learners for employment.

Furthermore, the Nigerian government and technical education stakeholders have recently emphasized the need to address skills gaps and align welding training with contemporary industry requirements. In 2024, the National Board for Technical Education highlighted welding as an important skill area and called for increased training of welders to address skills gaps. The Federal Government has also emphasized modernizing welding training, developing industry-aligned curricula, and strengthening practical training and human-capital development in the welding and metals sect

Despite these developments, a specific problem remains. Existing studies have largely examined work-skill needs, employability skills, instructional strategies, facilities, achievement and retention, but there is limited empirical evidence identifying the specific instructional objectives and content that should constitute a Thinking-Based Learning module specifically for fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria. For example, Sini and Yakubu (2024) focused on work-skill needs, while Nwaodo et al. (2024) examined work skills including problem-solving and critical thinking. These studies establish the importance of broader competencies but do not provide a systematic set of objectives and content requirements for developing a TBL module.

The absence of such empirically established objectives and content creates a gap in instructional module development. Without clearly defined objectives, it may be difficult to determine the thinking competencies students should acquire, while inappropriate or incomplete content may limit the module's relevance to actual fabrication and welding practices. There is therefore a need to obtain the views of those directly involved in training and employing fabrication and welding personnel. Involving fabrication and welding teachers and industrial personnel can provide both educational and workplace perspectives on the knowledge, skills and thinking competencies that should be incorporated into the proposed module.

It is against this background that the present study investigates the objectives and content for the development of a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria.

Aim and Objectives

The aim of this study is to determine the objectives and content required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North- Central Nigeria.

Objectives of the Study

The study seeks to:

1. Determine the instructional objectives required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria.
2. Identify the content required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria.

Research Questions

© 2026 ISARC Academy

The following questions are developed to guide the study:

1. What instructional objectives are required for developing a Thinking-Based Learning module in teaching fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria?

2. What content is required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria?

Hypotheses

The following null hypotheses were formulated to guide the study and were tested at 0.05 level of significance.

H_{01}: There is no significant difference in the mean responses of fabrication and welding teachers and industrial personnel on the instructional objectives required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria.

H_{02}: There is no significant difference in the mean responses of fabrication and welding teachers and industrial personnel on the content required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria.

Literature Review

The review of related literature was organized under the following sub-headings:

a) Concept of Thinking-Based Learning
b) Thinking-Based Learning in Technical and Vocational Education
c) Instructional Objectives Required for Developing a Thinking-Based Learning Module
d) Opposition and Critical Views on Thinking-Oriented Objectives
e) Content Requirements for a Thinking-Based Learning Module
f) Thinking Activities as Content Components
g) Opposition and Critical Views on Content Expansion
h) Empirical Review and Research Gap

Concept of Thinking-Based Learning

Thinking-Based Learning (TBL) is an instructional orientation that deliberately integrates the development of thinking processes with the learning of subject-matter content. Rather than presenting learners with information and procedures to memorize and reproduce, the approach encourages them to analyze information, make connections, evaluate alternatives, solve problems, make decisions, and reflect on the outcomes of their actions.

The relevance of this approach to technical and vocational education has increased because contemporary workplaces require employees who can apply technical knowledge in changing and unfamiliar situations. In fabrication and welding, for example, workers are expected not only to perform established procedures but also to interpret drawings, diagnose faults, select suitable materials and processes, assess risks, identify welding defects, and determine appropriate corrective actions.

López et al. (2023) observed that critical thinking is difficult to develop in Technical and Vocational Education and Training (TVET) because practical skill acquisition is often given priority. Their study, however, demonstrated that explicitly linking learning outcomes to critical-thinking sub-skills and using interactive, participatory instructional activities improved students' critical-thinking performance compared with traditional teaching. This provides empirical support for integrating thinking processes into vocational instruction rather than treating them as separate competencies

© 2026 ISARC Academy

Similarly, Tommasi et al. (2023), in a systematic scoping review of initial vocational education and training, noted that the strong emphasis on technical knowledge and occupational skills may result in insufficient attention to metacognitive competencies such as critical thinking. Their review identified the need for deliberate educational interventions to strengthen such competencies among vocational learners. Thus, within the context of the present study, Thinking-Based Learning may be regarded as an instructional approach through which students learn fabrication and welding knowledge and practical skills while simultaneously developing critical, analytical, creative, reflective, and problem-solving abilities.

Thinking-Based Learning in Technical and Vocational Education

TVET is traditionally associated with the acquisition of occupational knowledge and practical skills. However, technological advancement and changing industrial practices have increased the importance of transferable competencies. These include critical thinking, creativity, communication, collaboration, decision-making, and adaptability.

López et al. (2023) argued that the traditional emphasis on practical competence in TVET may create difficulties in developing critical thinking because students may become accustomed to following established procedures rather than examining the reasoning underlying them. Their findings nevertheless showed that active and interactive learning can support critical-thinking development within a vocational context.

A recent systematic literature review by Taqwa, *et al* (2026) also mapped research on communication, collaboration, critical thinking, and creativity within TVET, illustrating the increasing prominence of these competencies in vocational education research. The review supports the position that vocational education is increasingly expected to combine occupational competence with broader twenty-first-century capabilities.

Furthermore, Anthony et al. (2025), in a meta-analysis of 30 studies, reported an overall positive effect of problem-based learning on critical-thinking development in vocational education. Their findings provide support for instructional designs that require students to engage with authentic problems rather than merely receive demonstrations and reproduce predetermined procedures.

These findings are relevant to fabrication and welding because many workshop and industrial activities involve practical problems that do not always have a single predetermined solution. A learner may be required to determine why a weld has failed, select an appropriate welding process, adjust operating parameters, or identify the cause of dimensional inaccuracies. A Thinking-Based Learning module could therefore provide structured opportunities for learners to apply cognitive processes to authentic fabrication and welding problems.

Instructional Objectives Required for Developing a Thinking-Based Learning Module

Instructional objectives describe the expected learning outcomes of instruction. They provide direction for content selection, instructional activities, learning resources, and assessment. In a Thinking-Based Learning module, objectives should go beyond the performance of routine technical operations to include the cognitive processes through which learners analyze, evaluate, decide, create, and reflect.

The findings of López et al. (2023) particularly support the importance of explicitly specifying thinking-related learning outcomes. Their intervention connected course learning outcomes with identifiable critical-thinking sub-skills. The improvement reported among students suggests that thinking skills are more likely to be developed when they are deliberately represented in instructional objectives rather than assumed to emerge automatically from practical activities.

Similarly, Korotaj (2026) developed a contextualized model for teaching critical thinking in vocational education and training. The work emphasizes the need to contextualize learning outcomes and teaching

© 2026 ISARC Academy

practices according to the specific characteristics of vocational subjects. This is particularly relevant to fabrication and welding, where thinking objectives should emerge from occupational situations rather than be transferred mechanically from general academic subjects.

Based on the literature and the nature of fabrication and welding, instructional objectives for a TBL module may include the ability of students to: identify fabrication and welding problems; analyze the causes of technical faults and welding defects; apply reasoning in selecting appropriate tools, materials, and processes; evaluate alternative fabrication and welding procedures; solve practical workshop problems systematically; make informed technical decisions; interpret drawings and specifications; assess risks and apply safety principles; evaluate the quality of completed products and welds; generate creative solutions to technical problems; reflect on performance and identify areas for improvement; and integrate theoretical knowledge with practical performance. These objectives address both technical competence and higher-order thinking, thereby making them appropriate foundations for the proposed module.

Opposition and Critical Views on Thinking-Oriented Objectives

Although there is considerable support for integrating higher-order thinking into vocational education, an important opposing view is that TVET should primarily focus on occupation-specific practical competence. From this perspective, excessive emphasis on abstract critical-thinking objectives may reduce the time available for students to master essential manual and technical skills. This concern is reflected indirectly in the findings of López et al. (2023), who noted that practical skill acquisition has traditionally been prioritized in TVET and that critical thinking has consequently been difficult to integrate. The authors did not argue that practical skills should be replaced; rather, their study showed the challenge of balancing practical competence with explicit thinking development.

A second critical concern is that critical thinking is not necessarily a completely general skill that automatically transfers across different contexts. A student may demonstrate analytical ability in a classroom discussion but fail to apply similar reasoning during a welding operation unless the thinking process is taught within the relevant technical context. Korotaj's (2026) contextualized model for vocational education reinforces the importance of embedding critical-thinking outcomes in the realities of specific vocational subjects.

Therefore, the implication for the present study is that the proposed objectives should not simply include broad terms such as develop critical thinking. They should be expressed as observable and context-specific objectives, such as analyzing welding defects, evaluating alternative joining methods, selecting appropriate fabrication procedures, and troubleshooting workshop problems.

The present study adopts this balanced position: thinking-oriented objectives should complement, rather than replace, psychomotor and technical objectives.

Content Requirements for a Thinking-Based Learning Module

Content is the body of knowledge, skills, procedures, experiences, and learning tasks through which instructional objectives are achieved. The quality and relevance of content are particularly important in module development because content determines what learners encounter and the situations in which they practice and apply their knowledge. For a fabrication and welding TBL module, content cannot be limited to theoretical descriptions of workshop procedures. It should include technical subject matter and authentic learning experiences through which students can practice thinking. Based on the requirements of fabrication and welding work, relevant content areas include:

Workshop safety and occupational practices; Hazard identification and risk assessment; Fabrication tools, equipment, and engineering materials; Measurement and marking-out; Interpretation of technical drawings and welding symbols; Metal cutting, bending, forming, fitting, and assembly; Welding principles and processes; Welding joint preparation and welding positions; Identification and correction

© 2026 ISARC Academy

of welding defects; Welding inspection and quality control; Problem-solving and troubleshooting activities; Decision-making and reflective learning activities; Project-based and collaborative tasks; and Cost estimation and entrepreneurship.

The relevance of embedding authentic problems within vocational content is supported by Anthony et al. (2025), whose meta-analysis found that problem-based learning positively influenced critical-thinking development in vocational education. This suggests that vocational content should not be organized exclusively as procedures for learners to memorize but should include problems requiring analysis and decision-making.

Nurtanto et al. (2026), in a systematic literature review, further reported that literacy-related learning can contribute to analytical, reflective, and evaluative thinking among vocational students. Although their review focused specifically on reading literacy, its broader implication is that vocational learning requires learners to engage meaningfully with information and evidence rather than focus exclusively on hands-on performance.

Thinking Activities as Content Components

A distinctive feature of a Thinking-Based Learning module is that thinking activities themselves are embedded within technical content. Consequently, the proposed module should contain not only what students must know and do, but also activities that require them to reason about what they know and do. Such activities may include: diagnosing the causes of welding defects; comparing alternative welding methods; selecting materials for a particular fabrication project; analyzing safety hazards; solving measurement and marking-out problems; evaluating the quality of fabricated products; investigating equipment faults; developing alternative designs; defending technical decisions; and reflecting on errors and completed practical tasks.

López et al. (2023) found that interactive learning and active student participation supported critical-thinking development in TVET. The implication is that a module should provide opportunities for dialogue, questioning, reasoning, application, and reflection rather than present technical information only in a linear, teacher-directed format. Tommasi et al. (2023) likewise identified a range of educational practices and strategies relevant to developing critical-thinking and metacognitive competencies in initial vocational education. Their systematic review supports deliberate instructional intervention rather than assuming that exposure to vocational content automatically produces higher-order thinking.

Opposition and Critical Views on Content Expansion

An opposing concern regarding comprehensive TBL content is the possibility of curriculum overload. Fabrication and welding already contain substantial practical and theoretical content. Adding problem-solving tasks, case studies, reflective exercises, entrepreneurship, collaboration, and explicit critical-thinking activities could make the module too extensive for the available instructional time. This concern means that the proposed module should not merely add more topics to an existing curriculum. Instead, thinking activities should be integrated into existing technical content. For example, rather than teaching welding defects as a list for memorization, students can be presented with defective weld samples and asked to identify probable causes and recommend corrective measures. Thus, the same technical content simultaneously supports skill acquisition and thinking development.

A second opposing view concerns the appropriateness of highly sophisticated instructional activities where workshop facilities, instructional resources, and teacher preparation are inadequate. A problem-based or project-based module may be difficult to implement effectively if learners lack access to materials, equipment, or sufficient practical time. Therefore, the identification of content requirements must take account of local instructional and industrial realities. Finally, some scholars caution that not every thinking activity necessarily improves practical competence. A poorly designed problem-solving activity may become theoretical and disconnected from workshop performance. The contextualized

© 2026 ISARC Academy

approach proposed for VET by Korotaj (2026) is relevant here because it emphasizes adapting critical-thinking instruction to vocational subject characteristics

Accordingly, the present study assumes that thinking-oriented content is most valuable when it is directly connected to authentic fabrication and welding tasks.

Empirical Review and Research Gap

The reviewed literature demonstrates increasing interest in integrating higher-order thinking into vocational education. López et al. (2023) provided evidence that explicitly designed learning outcomes and active learning strategies can improve critical thinking in a TVET context. Tommasi et al. (2023) reviewed interventions for enhancing critical-thinking and metacognitive competencies in initial vocational education, while Anthony et al. (2025) reported positive effects of problem-based learning on vocational students' critical thinking. Recent reviews also indicate growing attention to the broader set of communication, collaboration, creativity, and critical-thinking competencies in TVET.

Nevertheless, these studies have largely focused on the effects of instructional strategies or interventions. They do not specifically determine the instructional objectives and content requirements needed as the foundation for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in the context of Nigerian technical colleges. This creates an important gap. Before developing a module, it is necessary to establish what the module should specifically enable learners to achieve and what content should be included. Furthermore, the views of fabrication and welding teachers provide an educational perspective, while industrial personnel provide a workplace and occupational perspective. Comparing these perspectives can help establish whether the identified requirements have support across training and employment contexts.

The present study therefore addresses this gap by determining:

the instructional objectives required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding; and the content required for developing the module in technical colleges in North-Central Nigeria.

Theoretical Framework

The theoretical framework provides the underlying foundation for explaining the concepts and relationships investigated in a study. It guides the understanding of how learning occurs and how the variables of the study are related. The present study, which focuses on the objectives and content required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding, is anchored on theories that emphasize active knowledge construction and the development of higher-order cognitive processes. Specifically, the study is underpinned by Constructivist Learning Theory and supported by Bloom's Revised Taxonomy. These frameworks provide a basis for identifying appropriate instructional objectives and content that can promote critical thinking, problem-solving, analysis, decision-making, and practical competence among fabrication and welding students.

Constructivist Learning Theory

The study is anchored primarily on Constructivist Learning Theory, associated with the works of Jean Piaget and Lev Vygotsky. Constructivism views learning as an active process through which learners construct meaning and knowledge based on their experiences, existing knowledge, interaction with others, and engagement with their environment.

From a constructivist perspective, learners should not be regarded as passive recipients of information. Instead, they should actively participate in investigating problems, testing ideas, discussing alternatives, making decisions, reflecting on experiences, and constructing understanding. The teacher therefore

© 2026 ISARC Academy

serves principally as a facilitator who creates learning situations that stimulate inquiry, collaboration, experimentation, and reflection.

This theory is relevant to fabrication and welding because learning in the trade involves more than listening to explanations or copying demonstrations. Students are expected to interact with tools, equipment, materials, drawings, machines, welding processes, and real workshop problems. Through these interactions, they acquire practical knowledge and develop technical competence. For example, instead of merely telling students the causes of a defective weld, a constructivist Thinking-Based Learning activity may require students to: observe a defective weld; identify the type of defect; investigate its possible causes; discuss alternative corrective actions; select the most appropriate solution; apply the solution during practical work; and reflect on the outcome. Such an activity enables students to construct technical understanding while simultaneously developing problem-solving, analytical, decision-making, and reflective abilities.

The theory is particularly relevant to the content requirements of the present study. The content of the proposed module should therefore not consist exclusively of facts, definitions, and procedures. It should incorporate practical problems, investigations, projects, collaborative activities, case situations, experimentation, troubleshooting tasks, and reflective exercises. These learning experiences provide opportunities for students to construct and apply knowledge in meaningful technical situations.

Constructivism also supports the involvement of industrial personnel in identifying module requirements. While teachers contribute knowledge of curriculum, pedagogy, and students' learning needs, industrial personnel provide perspectives based on authentic workplace practices and occupational problems. Combining these perspectives can assist in identifying objectives and content that are educationally appropriate and industrially relevant.

Relevance of Constructivist Theory to the Study

Constructivist Learning Theory supports the study in the following ways:

i. It supports active learning rather than passive memorization.

ii. It provides a basis for integrating problem-solving and inquiry activities into fabrication and welding instruction.

iii. It supports the use of authentic workshop and industrial problems as learning experiences.

iv. It emphasizes the importance of collaboration and interaction.

v. It supports reflection and self-evaluation following practical activities.

vi. It provides a theoretical basis for identifying content that enables students to construct and apply technical knowledge.

Thus, Constructivist Learning Theory provides the principal explanation for how the Thinking-Based Learning module should facilitate learning.

Bloom's Revised Taxonomy

The second theory supporting the study is Bloom's Revised Taxonomy, developed by Anderson and Krathwohl (2001) as a revision of Bloom's original taxonomy of educational objectives. The revised taxonomy classifies cognitive learning processes into six hierarchical categories:

Remembering, Understanding, Applying, Analyzing, Evaluating, Creating

The first three categories are commonly associated with foundational cognitive processes, whereas analyzing, evaluating, and creating represent higher-order cognitive processes. These higher-order processes are particularly relevant to Thinking-Based Learning. The taxonomy is appropriate for the

© 2026 ISARC Academy

present study because the first variable concerns the instructional objectives required for developing the module. Educational objectives should clearly specify the cognitive and practical competencies students are expected to achieve. Bloom's Revised Taxonomy provides a systematic framework for formulating such objectives. For example, a conventional fabrication and welding objective may require a student to: Identify different types of welding joints. A more thinking-oriented objective may require a student to: Analyze the suitability of different welding joints for a specified fabrication task. Similarly, instead of: State the causes of welding defects. A Thinking-Based Learning objective may be: Evaluate the probable causes of observed welding defects and recommend appropriate corrective measures. The second objective requires learners to move beyond remembering information towards analysis, evaluation, and decision-making. Application to Fabrication and Welding

The six cognitive levels can be integrated into fabrication and welding instruction as follows:

Cognitive Process: Application to Fabrication and Welding

Remembering: Recall welding symbols, tools, materials and safety rules

Understanding: Explain welding principles and fabrication procedures

Applying: Use appropriate tools and welding procedures

Analyzing: Analyze causes of welding defects and workshop problems

Evaluating: Evaluate alternative processes and product quality

Creating: Develop solutions, designs or fabrication projects

The taxonomy therefore provides a framework for determining the thinking-oriented instructional objectives that should be included in the proposed module.

Relevance of Bloom's Revised Taxonomy to the Study

Bloom's Revised Taxonomy is relevant because it: provides a basis for formulating measurable instructional objectives; supports progression from lower-order to higher-order thinking; assists in aligning objectives with instructional content and learning activities; encourages the development of analytical, evaluative, and creative thinking; supports the integration of cognitive processes with technical and practical learning. Thus, Bloom's Revised Taxonomy principally explains what level of learning and thinking the instructional objectives should promote.

Integration of the Theories

The two theories complement each other in supporting the present study.

Constructivist Learning Theory explains how students learn through active engagement, experience, problem-solving, interaction, and reflection. Bloom's Revised Taxonomy explains the cognitive levels and learning outcomes that instructional objectives should address, particularly progression towards analyzing, evaluating, and creating. Together, they provide a theoretical foundation for identifying the objectives and content required for the development of a Thinking-Based Learning module. The module should therefore contain: clearly stated objectives progressing towards higher-order thinking; relevant fabrication and welding content; authentic workshop problems; practical and inquiry-based activities; opportunities for analysis and decision-making; collaborative learning activities; and reflection and evaluation.

Conceptual Framework

The conceptual framework of the study is based on the relationship between the identified instructional objectives and content requirements and the development of a Thinking-Based Learning module.

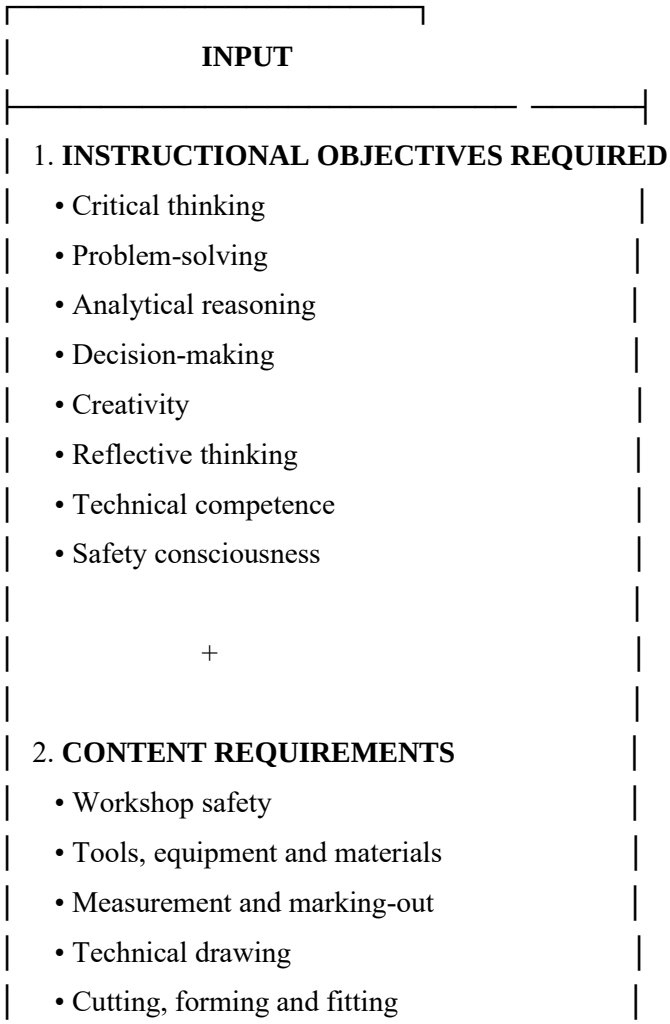
© 2026 ISARC Academy

The framework assumes that a relevant and effective Thinking-Based Learning module can be developed when appropriate instructional objectives and content requirements are systematically identified from both educational and industrial perspectives.

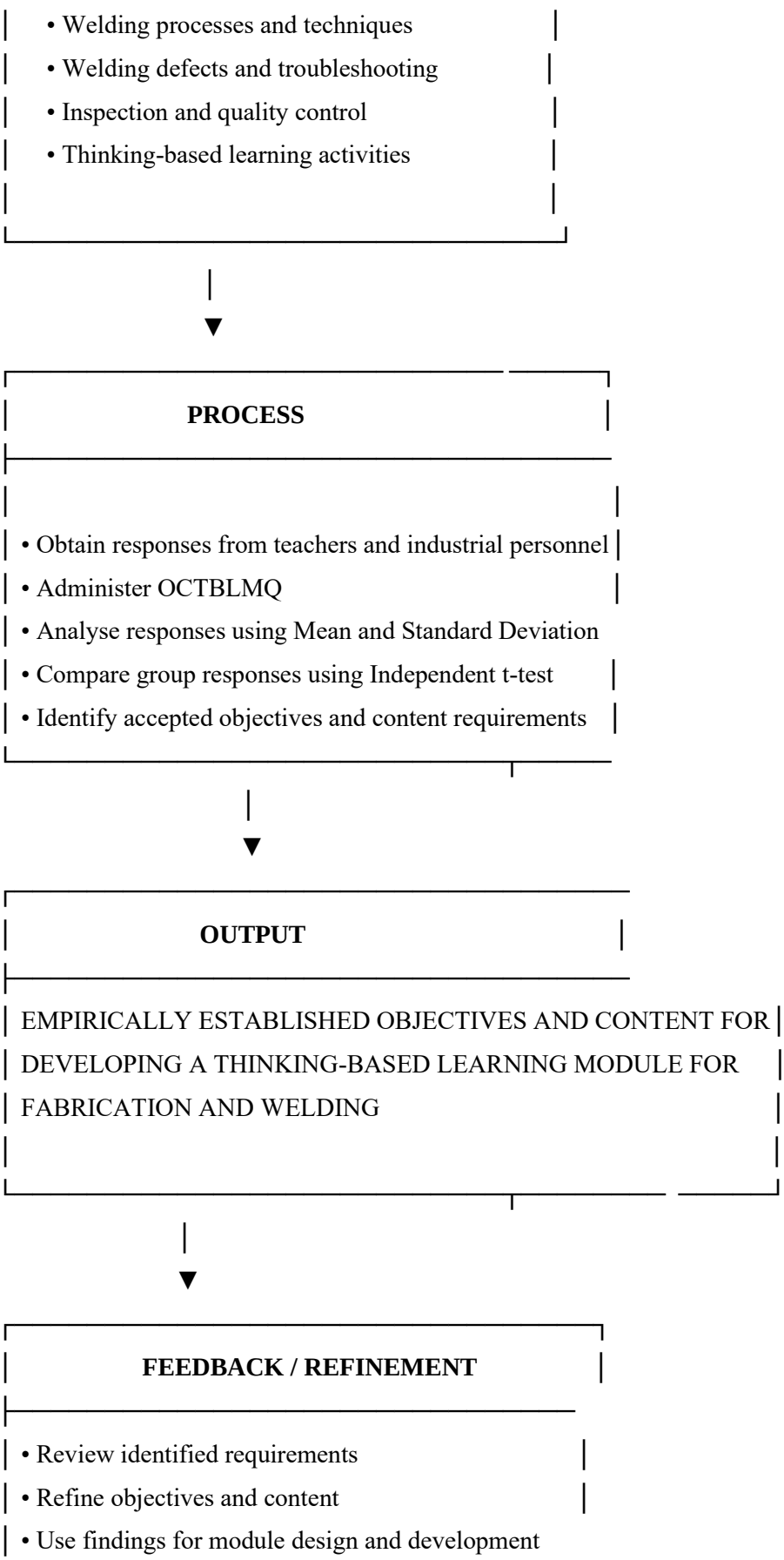
The inputs are the two major variables investigated: Instructional objectives required; and Content required. The instructional objectives include competencies such as: critical thinking; problem-solving; analytical reasoning; decision-making; creativity; reflective thinking; technical competence; and safety consciousness. The content requirements include areas such as: workshop safety; tools, equipment, and materials; measurement and marking-out; technical drawing and interpretation; cutting, forming, and fitting; welding processes and techniques; welding defects and troubleshooting; inspection and quality control; and thinking-based practical activities. The process involves obtaining the opinions of fabrication and welding teachers and industrial personnel through the administration of the questionnaire, analyzing their responses using mean and standard deviation, and comparing their mean ratings using the independent-samples t-test.

The output is an empirically established set of objectives and content requirements that can serve as the basis for developing a contextually relevant Thinking-Based Learning module for fabrication and welding in technical colleges. A feedback component allows the identified requirements to be reviewed and refined before they are used in the subsequent design, development, validation, and implementation of the module.

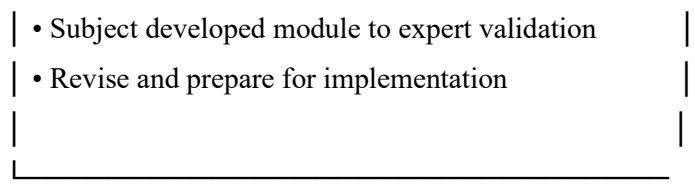
Conceptual Framework Diagram



© 2026 ISARC Academy



© 2026 ISARC Academy



Summary of the Framework

The framework proposes that appropriate instructional objectives and content requirements (inputs), when systematically determined through the views of fabrication and welding teachers and industrial personnel (process), will produce an empirically supported foundation (output) for developing the Thinking-Based Learning module. The feedback stage ensures that the identified requirements can be refined before the module is subsequently designed and validated.

METHODOLOGY

This section presents the procedures adopted for the study on Objectives and Content Required for Developing a Thinking-Based Learning Module in Fabrication and welding in Technical Colleges in North-Central Nigeria. It describes the research design, population, sample and sampling technique, instrumentation, validation and reliability of the instrument, data collection procedure, and methods of data analysis used to address the objectives of the study.

Research Design

The study adopted a Research and Development (R&D) research design. The R&D design was considered appropriate because the study constitutes the initial phase of a systematic process for developing and validating a Thinking-Based Learning (TBL) module for teaching fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria. The present study focused specifically on establishing the instructional objectives and content requirements that would provide an empirical foundation for the subsequent design and development of the module.

Area of the Study

The study was conducted in North-Central Nigeria. The zone comprises Benue, Kogi, Kwara, Nasarawa, Niger, and Plateau States, together with the Federal Capital Territory. The area was selected because technical colleges within the zone provide training in fabrication and welding, making it appropriate for obtaining information from teachers directly involved in the teaching of the trade and industrial personnel familiar with workplace requirements.

Population of the Study

The population of the study comprised 52 respondents, consisting of 31 fabrication and welding teachers in technical colleges and 21 industrial personnel with relevant experience in fabrication and welding. The inclusion of both groups was intended to obtain perspectives from educational practitioners and industry practitioners regarding the objectives and content that should form the basis of the proposed Thinking-Based Learning module.

© 2026 ISARC Academy

Population Distribution

Category	Population
Teachers	31
Industrial personnel	21

Sample Size and Sampling Technique

Census sampling technique was used because the population was manageable and specialized. A total of 52 copies of the questionnaire were distributed to the respondents, and all 52 copies were dully completed and returned, representing 100% response rate. The high response rate was achieved through direct administration and retrieval of the questionnaire by the trained research assistants.

Instrument for Data Collection

Data were collected using a structured questionnaire titled Objectives and Content for Thinking-Based Learning Module Questionnaire (OCTBLMQ). The questionnaire was developed by the researcher based on the objectives of the study, relevant literature on Thinking-Based Learning, and the knowledge and skills required in fabrication and welding.

The questionnaire consisted of two major sections:

Section A: Respondents' demographic information.

Section B: This section consists of Items on the instructional objectives required for the development of the TBL module.

Section C: This section consists of Items on the content required for the development of the TBL module.

The questionnaire items were rated on a five-point Likert scale as follows:

Scale	Value
Strongly Required	5
Required	4
Moderately Required	3
Less Required	2
Not Required	1

Validity of the Instrument

The questionnaire was subjected to face and content validation by three experts. The experts comprised specialists with relevant expertise in fabrication and welding/technical education, curriculum and instruction, and measurement and evaluation. They examined the questionnaire items for clarity, relevance, appropriateness, adequacy of coverage, and alignment with the objectives of the study. Their observations and suggestions were used to modify the instrument before its administration.

Reliability of the Instrument

The internal consistency of the questionnaire was established using the Cronbach's alpha reliability coefficient. The instrument was subjected to a pilot test using respondents who were comparable to those

© 2026 ISARC Academy

in the main study but were not included in the final study sample. The responses obtained from the pilot administration were analyzed using Cronach's alpha. The resulting coefficient was used to determine the internal consistency of the questionnaire items. A coefficient of 0.70 or above was considered acceptable for the study.

Data Collection Procedure

The questionnaire was administered to the 52 respondents comprising 31 fabrication and welding teachers and 21 industrial personnel. The researcher, with the assistance of trained research assistants distributed and retrieved the completed questionnaires. Respondents were informed about the purpose of the study and were requested to provide honest responses based on their professional experience.

Method of Data Analysis

Data collected were analyzed using mean, standard deviation, and independent-samples t-test. Mean and standard deviation were used to answer the two research questions. The decision rule was based on the following five point likert scale:

Scale	Response	Decision Range
5	Strongly Required	4. 50- 5.00
4	Required	3.50- 4.49
3	Moderately Required	2.50- 3.49
2	Less Required	1.50- 2.49
1	Not Required	1.00- 1.49

A mean score of 3.50 and above was considered Required, while a mean score below 3.50 was considered below the required level. Standard deviation was used to determine the degree of variation in the respondent's ratings. Before conducting the independent-samples t-test, its underlying assumptions were considered. The assumption of normality was examined to determine whether the responses of Fabrication and Welding teachers and industrial personnel were approximately normally distributed. Independence of observations was ensured by treating each respondent's response as independent, with no respondent participating more than once. Homogeneity of variance was assessed using Levene's test to determine whether the variances of the two groups were sufficiently equal. Where the assumptions were satisfied, the independent-samples t-test was used to determine whether significant differences existed between the mean responses of the two groups at the 0.05 level of significance.

Results / Findings

Research Question 1

What instructional objectives are required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria

Table 1 shows the Mean and Standard Deviation of the respondents on the Instructional Objectives required for developing a thinking-based learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria. The table showed the mean responses of teachers ranging from 4.58 to 4.84, with standard deviation .374 to .502 respectively. The mean responses of Industrial Personnel ranges from 4.57 to 4.86 with standard deviation .359 to .507 respectively. Additionally, the cluster mean of

© 2026 ISARC Academy

teachers is 4.77 with standard deviation .167, and that of Industrial Personnel is 4.74 with the standard deviation .186. The grand mean of the respondents ranged from 4.65 to 4.83. Therefore, the cluster grand mean is 4.72 which indicates that the instructional objectives identified for developing a Thinking-Based Learning module were required. The respondents are agreed that the module should enable students to identify and analyze fabrication and welding problems, apply critical and analytical thinking, make appropriate technical decisions, evaluate alternative procedures, solve practical problems, troubleshoot equipment and welding defects, demonstrate creativity, reflect on their performance, and apply safety principles.

Table 1: Mean and standard deviation of the respondents on the Instructional objectives required for developing a thinking-based learning module in fabrication and welding in technical colleges in North- Central Nigeria

S/N	Item Statement	$\bar{x}_T$	SD_T	$\bar{\bar{x}}_I$	SD_I	$\bar{x}_G$	Remark
1.	Develop critical thinking and problem-solving skills in fabrication and welding.	4.74	.445	4.67	.483	4.71	Strongly Required
2.	To enhance student's understanding of fabrication and welding concepts and principles.	4.68	.475	4.81	.402	4.73	Strongly Required
3.	To improve students' ability to apply theoretical knowledge to practical problems in fabrication and welding.	4.71	.461	4.57	.507	4.65	Strongly Required
4.	To foster creativity, innovation, and analytical decision-making skills in fabrication and welding.	4.84	.374	4.81	.402	4.83	Strongly Required
5.	To improve students' safety awareness and practices in fabrication and welding	4.71	.461	4.81	.402	4.75	Strongly Required
6.	To develop students' ability to work effectively in teams and communicate effectively about fabrication and welding projects.	4.71	.461	4.76	.436	4.73	Strongly Required
7.	To prepare students to apply theoretical knowledge to real-world fabrication and welding problems.	4.74	.445	4.71	.463	4.73	Strongly Required
8.	To enhance students' understanding of the role of fabrication and welding in various industries.	4.68	.475	4.76	.436	4.71	Strongly Required
9.	To develop students' problem-solving skills in a real-world context.	4.58	.502	4.86	.359	4.69	Strongly Required
10.	To equip students with the skills and knowledge required to succeed in the fabrication and welding industry.	4.74	.445	4.67	.483	4.71	Strongly Required
	Cluster Mean	4.77	.167	4.74	.186	**4.72**	**Strongly Required**

Source: Fieldwork, 2026

Research Question 2

What content is required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria?

Table 2 shows the Mean and Standard Deviation of the respondents on the contents required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria. The table showed the mean responses of Teachers ranging from 4.55 to 4.90, with standard deviation also ranges from .301 to .570 and the mean responses of Industrial Personnel ranges from 4.38 to 4.90 while the standard deviation ranges from .301 to .669 respectively. The cluster mean of teachers is 4.70 with standard deviation of .148 while that of Industrial Personnel is 4.67 with standard deviation of .090, the grand mean of the respondents is ranged from 4.58 to 4.84. Therefore, the cluster grand mean is 4.69 indicating that the identified contents by the respondents is strongly

© 2026 ISARC Academy

required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria.

Table 2: Mean and standard deviation of the respondents on the contents required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges

S/N	Item Statement	X_T	SD_T	X_I	SD_I	X_G	Remark
1.	**PROBLEM-SOLVING SKILLS**						
i.	Identifying common problems in fabrication and welding	4.84	.374	4.71	.463	4.79	Strongly Required
ii.	Analyzing causes of defects in welded joints	4.74	.445	4.71	.463	4.73	Strongly Required
iii.	Troubleshooting welding equipment issues	4.68	.475	4.71	.463	4.69	Strongly Required
iv.	Resolving material handling problems	4.61	.495	4.67	.483	4.63	Strongly Required
v.	Addressing safety concerns in the workshop	4.68	.475	4.57	.507	4.64	Strongly Required
vi.	Identifying and fixing errors in fabrication designs	4.68	.475	4.67	.483	4.68	Strongly Required
vii.	Finding creative solutions to fabrication challenges	4.65	.551	4.76	.436	4.69	Strongly Required
viii.	Analyzing and resolving quality control issues	4.68	.475	4.67	.483	4.68	Strongly Required
ix.	Identifying and addressing potential hazards	4.58	.564	4.90	.301	4.71	Strongly Required
2.	**CRITICAL THINKING**						
i.	Evaluating the quality of materials for fabrication and welding	4.90	.301	4.71	.463	4.84	Strongly Required
ii.	Assessing the effectiveness of different welding techniques	4.81	.402	4.76	.436	4.79	Strongly Required
iii.	Evaluating the safety of fabrication and welding procedures	4.81	.402	4.57	.507	4.71	Strongly Required
iv.	Analyzing data to inform fabrication and welding decisions	4.55	.506	4.76	.436	4.63	Strongly Required
v.	Assessing the feasibility of fabrication and welding projects	4.74	.445	4.67	.483	4.71	Strongly Required
vi.	Analyzing the cost-benefit of different fabrication and welding methods	4.77	.425	4.67	.577	4.73	Strongly Required
vii.	Identifying and challenging assumptions in fabrication designs	4.77	.425	4.57	.598	4.69	Strongly Required
viii.	Developing well-supported arguments for fabrication and welding decisions	4.65	.486	4.81	.402	4.71	Strongly Required
ix.	Analyzing complex fabrication and welding problems	4.65	.486	4.86	.359	4.73	Strongly Required
x.	Making informed decisions about fabrication and welding techniques	4.77	.425	4.67	.483	4.73	Strongly Required
3.	**ANALYTICAL DECISION-MAKING**						
i.	Evaluating the risks and benefits of new fabrication and welding technologies	4.74	.445	4.62	.498	4.69	Strongly Required
ii.	Analyzing data to inform decisions about fabrication and welding	4.71	.461	4.71	.463	4.71	Strongly Required
iii.	Considering multiple perspectives when making fabrication and welding decisions	4.65	.486	4.67	.483	4.66	Strongly Required
iv.	Identifying and evaluating alternatives to traditional fabrication and welding methods	4.55	.506	4.71	.463	4.61	Strongly Required

© 2026 ISARC Academy

v.	Developing decision-making frameworks for fabrication and welding	4.81	.402	4.57	.507	4.71	Strongly Required
vi.	Analyzing the cost-effectiveness of different fabrication and welding options	4.83	.379	4.71	.463	4.78	Strongly Required
vii.	Identifying and mitigating risks in fabrication and welding projects	4.74	.445	4.62	.498	4.69	Strongly Required
viii.	Evaluating the quality of fabrication and welding products	4.68	.475	4.62	.498	4.66	Strongly Required
ix.	Evaluating the effectiveness of fabrication and welding quality control measures	4.74	.445	4.62	.498	4.69	Strongly Required
x.	Identifying areas for improvement in fabrication and welding decision-making	4.77	.425	4.67	.483	4.73	Strongly Required
4.	**DESIGN THINKING**						
i.	Ideating innovative solutions to fabrication and welding challenges	4.65	.486	4.67	.483	4.66	Strongly Required
ii.	Prototyping and testing fabrication and welding designs	4.58	.502	4.57	.507	4.58	Strongly Required
iii.	Gathering feedback from stakeholders on fabrication and welding designs	4.48	.570	4.90	.301	4.63	Strongly Required
iv.	Encouraging creativity and innovation in fabrication and welding	4.55	.568	4.62	.590	4.58	Strongly Required
v.	Collaborating with others to develop fabrication and welding solutions	4.68	.475	4.86	.359	4.75	Strongly Required
vi.	Evaluating the feasibility of fabrication and welding designs	4.71	.529	4.71	.463	4.71	Strongly Required
vii.	Developing sustainable fabrication and welding solutions	4.68	.541	4.52	.512	4.62	Strongly Required
viii.	Identifying opportunities for design improvement in fabrication and welding	4.68	.475	4.57	.507	4.64	Strongly Required
ix.	Creating prototypes of fabricated and welded products	4.68	.475	4.76	.436	4.71	Strongly Required
x.	Testing and validating fabrication and welding designs	4.74	.445	4.52	.602	4.65	Strongly Required
5.	**TROUBLESHOOTING**						
i.	Identifying common issues with welding equipment	4.77	.425	4.57	.507	4.69	Strongly Required
ii.	Diagnosing defects in fabricated and welded products	4.68	.475	4.57	.507	4.64	Strongly Required
iii.	Developing procedures for troubleshooting fabrication and welding issues	4.65	.486	4.67	.577	4.66	Strongly Required
iv.	Analyzing data to identify trends and patterns in fabrication and welding issues	4.68	.541	4.57	.507	4.64	Strongly Required
v.	Documenting and reporting fabrication and welding issues	4.71	.461	4.38	.669	4.58	Strongly Required
vi.	Developing contingency plans for fabrication and welding troubleshooting	4.58	.502	4.81	.402	4.67	Strongly Required
vii.	Evaluating the effectiveness of troubleshooting procedures	4.71	.461	4.62	.590	4.67	Strongly Required
viii.	Identifying areas for improvement in fabrication and welding troubleshooting	4.77	.425	4.81	.402	4.79	Strongly Required
ix.	Training others on fabrication and welding troubleshooting procedures	4.71	.461	4.52	.512	4.63	Strongly Required
	Cluster Mean	4.70	.148	4.67	.091	**4.69**	**Strongly Required**

Source: Field work, 2026

© 2026 ISARC Academy

Hypotheses Testing

Hypothesis 1

There is no significant difference between the mean responses of teachers and industrial personnel on the instructional objectives required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria.

The result of the independent sample t-test presented in Table 1 showed that there is no significant difference between the mean responses of teachers and industrial personnel on the instructional objectives required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria., within the degree of freedom of 50, t-value = .634, and *p*-value = .529 respectively. Since the *p* value is greater than the confidence level (P>0.05) therefore, the null hypothesis one was accepted. This implied that there is no significant difference between the mean responses of teachers and industrial personnel on the instructional objectives required for developing a Thinking-Based module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria.

Table 3: Independent t-test analysis of the mean responses of teachers and industrial personnel on the instructional objectives required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges

	N	$\bar{x}$	S.D	df	t-val	*p*-valu	Decision
Teachers	31	4.77	.167	50	.634	.529	Accepted
Industrial Personnel	21	4.74	.186				

Source: Field Work (2026)

Hypothesis 2

There is no significant difference between the mean responses of teachers and industrial personnel on the contents required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria

The result of the independent sample t-test presented in Table 4 showed that there is no significant difference between the mean responses of teachers and industrial personnel on the contents required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria, within the degree of freedom of 50, t-value = .714, and *p*-value = .479 respectively. Since the *p* value is greater than the confidence level (P>0.05) therefore, the null hypothesis two was also accepted. This implied that there is no significant difference between the mean responses of teachers and industrial personnel on the contents required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria.

Table 4: Independent t-test analysis of the mean responses of teachers and industrial personnel on the contents required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in technical colleges

	N	$\bar{x}$	S.D	df	t-val	*p*-val	Decision
Teachers	31	4.70	.148	50	.714	.497	Accepted
Industrial Personnel	21	4.67	.091				

Source: Field Work (2026)

© 2026 ISARC Academy

Findings of the Study

Based on the analysis of data collected from fabrication and welding teachers and industrial personnel, the study revealed the following:

i. The instructional objectives identified for the development of a Thinking-Based learning module were strongly required, and the respondents agreed that the module should enable students to identify and analyze fabrication and welding problems, apply critical and analytical thinking, make appropriate technical decisions, evaluate alternatives procedures, solve practical problems, troubleshooting equipment and welding defects, demonstrate creativity and apply safety principles.
ii. The identify content areas were strongly required for developing a Thinking-Based Learning module. The required content includes workshop safety, tools and equipment, measurement and marking out, technical drawing and interpretation, cutting, forming, fitting and assembly, welding processes, welding defects, troubleshooting, inspection, quality control and thinking-based practical activities.

The null hypothesis tested showed no significant difference between the mean responses of teachers and industrial personnel regarding instructional objectives and content required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding in North-Central Nigeria. This indicates a consensus between both groups on the requirements for a Thinking-Based Learning Module.

Discussion of Findings

Instructional Objectives Required for the Development of the Thinking-Based Learning Module

The first finding showed that the instructional objectives required for developing a Thinking-Based Learning module in fabrication and welding were strongly required, with a grand mean of 4.72. The identified objectives emphasized critical thinking, analysis, problem-solving, decision-making, evaluation, creativity, troubleshooting, reflection, technical competence, and safety consciousness. The finding demonstrates that effective fabrication and welding instruction should extend beyond the acquisition of routine psychomotor skills. Students should be able to understand and respond to practical problems that arise during fabrication and welding operations. For example, students may be required to analyze the causes of welding defects, compare alternative joining processes, select suitable materials, diagnose equipment faults, and evaluate the quality of finished products.

The finding is supported by López et al. (2023), who reported that critical thinking can be developed within TVET when expected learning outcomes are explicitly linked to thinking sub-skills and supported through active and participatory learning. Their findings are particularly relevant because they suggest that thinking skills should be deliberately stated as learning outcomes rather than assumed to emerge automatically from practical instruction. The finding also supports the logic of Bloom's Revised Taxonomy, particularly the higher-order cognitive processes of analyzing, evaluating, and creating. Within fabrication and welding instruction, these processes can be expressed through objectives requiring students to analyze technical faults, evaluate alternative procedures, and develop appropriate solutions to workshop problems.

The high rating of the instructional objectives further suggests that teachers and industrial personnel recognize the need for a closer relationship between school-based training and the cognitive demands of workplace practice. Industrial fabrication and welding work requires employees to respond to variations in materials, equipment conditions, specifications, safety requirements, and production problems. Therefore, a module designed to develop only procedural competence may not adequately prepare students for complex workplace situations. This interpretation is also consistent with Anthony et al. (2025), whose meta-analysis of 30 studies found that problem-based learning had a significant positive effect on critical-thinking development in vocational education. The result supports instructional objectives that deliberately require students to investigate real-world problems, reason through alternatives, and justify technical decisions.

© 2026 ISARC Academy

Content Required for the Development of the Thinking-Based Learning Module

The second finding revealed that the identified content areas were strongly required for developing the Thinking-Based Learning module, with a grand mean of 4.69. The required content included safety, tools and equipment, engineering materials, measurement and marking-out, technical drawing, fabrication operations, welding processes, welding defects, troubleshooting, inspection, quality control, and thinking-based practical activities. This finding indicates that the content of the proposed module should be comprehensive and should integrate cognitive development with technical and practical competencies. The module should therefore not introduce thinking skills as a separate abstract topic. Rather, analytical, problem-solving, evaluative, and reflective activities should be incorporated into the technical content that students are expected to learn.

For example, instead of teaching welding defects solely through definitions and demonstrations, students can be presented with defective weld samples and required to identify the defect, analyze its possible causes, recommend corrective measures, and justify their decisions. Similarly, measurement and marking-out can involve practical problems requiring students to interpret dimensions, identify errors, and determine appropriate corrective actions. This finding is supported by López et al. (2023), who found that active participation and interactive instructional activities facilitated critical-thinking development in a TVET context. Their study reinforces the importance of organizing vocational content around activities that require learners to engage actively with problems rather than merely receive information and reproduce procedures.

The finding is further supported by Anthony et al. (2025), whose meta-analysis reported a positive effect of problem-based learning on vocational students' critical thinking. The implication for the present study is that fabrication and welding content should include authentic workshop problems, troubleshooting tasks, collaborative activities, and opportunities for decision-making. The result also addresses a major concern in vocational education: the tendency to separate theory from practical work. The present findings suggest that technical knowledge, practical performance, and thinking processes should be integrated. Students should learn not only how to perform an operation, but also why a particular procedure is appropriate, what alternatives exist, and how problems can be identified and corrected.

Conclusion

Based on the findings of the study, it was concluded that the development of a Thinking-Based Learning module for fabrication and welding in technical colleges in North-Central Nigeria requires clearly defined thinking-oriented instructional objectives and relevant technical content.

The instructional objectives should extend beyond the acquisition of routine practical skills to include critical thinking, analytical reasoning, problem-solving, decision-making, evaluation, creativity, troubleshooting, reflection, and safety consciousness. Similarly, the module content should integrate fundamental fabrication and welding knowledge and practical operations with authentic problems and learning activities that require students to think, analyze, evaluate, and make informed technical decisions. The findings therefore establish that Thinking-Based Learning in fabrication and welding should not be treated as an additional or separate component of technical education. Rather, thinking processes should be systematically embedded within the objectives, content, practical activities, and assessment tasks of fabrication and welding instruction.

Where the hypothesis tests show no significant differences between the responses of fabrication and welding teachers and industrial personnel, the findings further demonstrate a shared perception between educational and industrial practitioners concerning the requirements for the proposed module. Consequently, the identified objectives and content provide an empirical basis for the subsequent design, development, and validation of a Thinking-Based Learning module for fabrication and welding in technical colleges.

© 2026 ISARC Academy

Recommendations

The following recommendations are made directly from the findings of the study:

1. The identified instructional objectives should be incorporated into the development of the Thinking-Based Learning module. In particular, objectives relating to critical thinking, analysis, problem-solving, decision-making, evaluation, creativity, troubleshooting, and reflection should be integrated with fabrication and welding competencies.
2. The identified content requirements should form the foundation for the module structure. Content on workshop safety, tools and equipment, materials, measurement and marking-out, technical drawing, fabrication processes, welding procedures, welding defects, troubleshooting, inspection, and quality control should be incorporated.
3. Thinking activities should be integrated into technical and practical content rather than taught separately. Fabrication and welding topics should include practical problems, case situations, troubleshooting exercises, decision-making tasks, and reflective activities.
4. Teachers should organize practical activities around authentic workshop problems. Students should be provided opportunities to analyze defective products, diagnose welding faults, compare alternative procedures, select appropriate tools and materials, and justify technical decisions.
5. Industrial personnel should participate in subsequent stages of module development and validation. Their involvement will help ensure that the objectives and content of the module remain relevant to contemporary workplace and occupational requirements.
6. The identified objectives and content should be subjected to subsequent module development, expert validation, pilot testing, revision, and implementation before large-scale adoption in technical colleges.

References

Aminu, A., & Nasiru, M. (2025). Effects of project-based learning strategy on performance and retention in metalwork among students in technical colleges of Katsina State, Nigeria. *Federal University Gusau Faculty of Education Journal.*

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.

Anthony, R., Wagino, W., Koto, R. D., Alwi, E., Purwanto, W., & Fernandez, D. (2025). Meta-analysis: The effect of problem-based learning in improving students' critical thinking in vocational education. *VANOS Journal of Mechanical Engineering Education*, 10(1).

Federal Ministry of Education, (2025). *Nigeria Education Sector Renewal Initiative*: Technical and Vocational Education and Training (TVET).

Korotaj, M. (2026). Teaching for critical thinking in vocational education and training. I*nternational Journal of Training and Development*. Advance online publication.

López, F., Contreras, M., Nussbaum, M., Paredes, R., Gelerstein, D., Alvares, D., & Chiuminatto, P. (2023). Developing critical thinking in technical and vocational education and training. Education Sciences, 13(6), 590. https://doi.org/10.3390/educsci13060590

Nurtanto, M., Nawanksari, S., Okianna, Sutrisno, V. L. P., Majid, N. W. A., & Kholifah, N. (2026). A systematic literature review on the impact of reading literacy on students' critical thinking skills in vocational education. *Journal of Teaching and Learning*, 20(1), 119–136.

Nwaodo, S. I., Ike, J. O., & Iwumuo, C. B. (2024). Work skill needs of welding and fabrication students of technical colleges in Abia State. *Industrial Technology Education Research Journal*, 7(1).

Onuh, J., Ilu Lappi, M., & Akoh, O. (2023). Evaluation of availability of fabrication and welding instructional facilities in science and technical colleges in Gombe State, Nigeria. *BW Academic Journal, 8.*

© 2026 ISARC Academy

Sini, L. K., & Yakubu, A. P. (2024). Work skills needs of technical college graduates in fabrication and welding engineering craft trade by the industries in North East, Nigeria. *Jewel Journal of Scientific Research*, 8(1 & 2).

Taqwa, M. R. A., Roozafzai, Z. S., & Suhendi, E. (2026). Communication, collaboration, critical thinking, and creativity (4Cs) in TVET: A bibliometric analysis and systematic literature review. *Universal Education Journal of Teaching and Learning*.

Tommasi, F., Ceschi, A., Sartori, R., Gostimir, M., Passaia, G., Genero, S., & Belotto, S. (2023). Enhancing critical thinking and media literacy in the context of IVET: A systematic scoping review. *European Journal of Training and Development*, 47(1/2), 85–104.

© 2026 ISARC Academy

ASSESSMENT OF THE ADOPTION OF INFORMATION TECHNOLOGY TOOLS AT THE PRE-CONTRACT PHASE OF METALWORK PROJECTS IN NIGER STATE, NIGERIA

Alhassan Yunusa Alkali [1] Adamu Aliyu Z.Beji [2] Hassan Gimba Suleiman [3]. Abduraman Mohammed [4]

Department of Welding and Fabrication Engineering [1 2,3,4]

Minna Institute of Technology and Innovation, Niger State Polytechnic of Emerging Technology

Abstract

This study assessed the adoption of Information Technology (IT) tools during the pre-contract phase of metalwork projects in Niger State, Nigeria. The study was guided by six objectives, which sought to identify the IT tools used during the pre-contract phase; determine the extent of IT adoption in design development, cost estimation and planning, and tender preparation; and examine the barriers affecting IT adoption as well as strategies for improving its utilisation. Six null hypotheses were formulated and tested at the 0.05 level of significance. A descriptive survey research design was employed. The population comprised 221 metalwork professionals—Fabricators, Welders, Metalwork Engineers, Quantity Surveyors, and Project Managers—involved in metalwork projects within Niger State, from which a sample of 130 respondents was drawn using proportionate stratified random sampling. A structured questionnaire was used for data collection; out of 130 copies administered, 125 were properly completed and returned, representing a response rate of 96.2%. The instrument was validated by three experts, and its reliability was established through a pilot study in Kwara State, yielding Cronbach's Alpha coefficients ranging from 0.80 to 0.92 across the constructs and an overall reliability coefficient of 0.91. Data were analysed using mean and standard deviation to answer the research questions, and One-Way Analysis of Variance (ANOVA) was used to test the hypotheses. The findings revealed that Building Information Modelling (BIM), Computer-Aided Design (CAD) software, Cost Estimating Software, and Spreadsheet Applications were the most commonly used IT tools (grand mean = 3.86). IT adoption was found to be at a high extent in design development (mean = 3.49), cost estimation and planning (mean = 3.52), and tender preparation (mean = 3.50), although the use of more advanced digital tools remained limited. High software acquisition cost, inadequate professional training, poor ICT infrastructure, unreliable electricity supply, poor internet connectivity, lack of policy enforcement, and cybersecurity concerns emerged as the major barriers to IT adoption (mean = 3.84), while regular professional training, reliable electricity supply, affordable software licensing, and continuous professional development were identified as effective strategies (mean = 4.09). The hypothesis tests showed no significant difference in the mean responses of the five professional groups on any of the six constructs tested. The study concludes that although Information Technology has become an important component of pre-contract activities in Niger State, the adoption of advanced digital technologies remains constrained by financial, technical, and infrastructural challenges, and recommends strengthening professional training, improving ICT infrastructure and electricity supply, promoting affordable software licensing, and providing stronger institutional support.

Keywords: Information Technology, Pre-Contract Phase, IT Adoption, Metalwork Projects, Niger State, Nigeria

Introduction

The metalwork industry is universally recognised as a major driver of socio-economic development, playing a central role in providing essential infrastructure such as fabricated structural components, metal roofing systems, industrial machinery, transportation systems, and institutional developments that support economic growth and societal well-being (World Bank, 2020; Oke et al., 2021). Despite this importance, the industry has persistently been challenged by inefficiencies, fragmentation of processes,

© 2026 ISARC Academy

poor coordination among stakeholders, and over-reliance on traditional, manual methods of project planning and execution, which often result in delays, cost overruns, and suboptimal project outcomes.

Modern digital technologies, particularly Information Technology (IT), have transformed how metalwork activities are conceived, planned, designed, managed, and delivered. Tools such as Computer-Aided Design (CAD), Building Information Modelling (BIM), project management software, electronic tendering systems, cost estimation applications, Electronic Document Management Systems (EDMS), and cloud-based collaboration platforms have become essential instruments for improving communication, coordination, and data-driven decision-making across the metalwork project lifecycle (Sucar and Kassem, 2017; Olawumi and Chan, 2019; Alaloul et al., 2023). The effectiveness of any project is, however, largely determined at the pre-contract phase—comprising feasibility studies, design development, cost estimation, tender documentation, bidding, and contract award—since inefficiency or error at this stage has a ripple effect throughout the entire project lifecycle.

In contrast to advanced metalwork environments, the Nigerian metalwork industry still largely operates on fragmented and manual systems at the pre-contract stage. Feasibility studies, design documentation, cost estimation, tender preparation, and bid evaluation are still predominantly carried out using traditional methods, spreadsheets, and paper-based documentation, which limit efficiency and increase the likelihood of errors and inconsistencies (Oladapo and Oyedele, 2018; Oke et al., 2021). This is aggravated by high initial and maintenance costs of IT systems, inadequate technical expertise, limited training opportunities, poor digital infrastructure, unstable power supply, and resistance to technological change (Ikediashi and Ogwueleka, 2016; Olanipekun and Adeyera, 2020).

Aim and Objectives

The aim of this study is to assess the adoption of Information Technology at the pre-contract phase of metalwork projects in Niger State, with a view to improving efficiency, accuracy, and transparency in project delivery. The specific objectives are to:

1. identify the Information Technology tools used for the pre-contract phase of metalwork projects in Niger State;
2. identify the extent of adoption of Information Technology in the design of metalwork projects in Niger State;
3. identify the extent of adoption of Information Technology tools in cost estimation within the pre-contract phase of metalwork projects in Niger State;
4. examine the extent of application of Information Technology tools in tendering during the pre-contract phase of metalwork projects in Niger State;
5. investigate the barriers hindering the adoption of Information Technology tools during the pre-contract stage of metalwork projects in Niger State; and
6. determine the strategies for improving the adoption of Information Technology tools for efficiency at the pre-contract stage of metalwork projects in Niger State.

Research Hypotheses

The following null hypotheses were tested at the 0.05 level of significance:

H01: There is no significant difference in the mean responses of Fabricators, Welders, Metalwork Engineers, Quantity Surveyors, and Project/Construction Managers on the IT tools used during the pre-contract phase.

H02: There is no significant difference in the mean responses of the five professional groups on the extent of adoption of IT tools in the design of metalwork projects.

H03: There is no significant difference in the mean responses of the five professional groups on the extent of adoption of IT tools in cost estimation during the pre-contract phase.

© 2026 ISARC Academy

H04: There is no significant difference in the mean responses of the five professional groups on the extent of application of IT tools in tendering processes.

H05: There is no significant difference in the mean responses of the five professional groups on the barriers hindering the adoption of IT tools during the pre-contract phase.

H06: There is no significant difference in the mean responses of the five professional groups on the strategies for improving the adoption of IT tools during the pre-contract phase.

Research Methodology

A descriptive survey design was adopted, being appropriate for systematically collecting standardised information on prevailing practices, benefits, challenges, and strategies relating to IT adoption (Fraenkel, Wallen and Hyun, 2019). The study was conducted in Niger State, Nigeria, comprising three senatorial zones: Niger East, Niger North, and Niger South. Niger State was selected because of its large-scale infrastructural development, high concentration of public and private metalwork projects, and its centrality to Nigeria's metalwork policy and regulatory framework. The population comprised 221 metalwork stakeholders directly involved in the pre-contract phase of metalwork projects in Niger State, made up of 79 Metalwork Engineers, 35 Fabricators, 19 Quantity Surveyors, 65 Project/Construction Managers, and 23 Welders drawn from metalwork companies, consultancy firms, and relevant government agencies/parastatals. A stratified random sampling technique was adopted to ensure adequate representation of all professional groups, and a sample of 130 respondents was proportionately allocated across the strata, after which simple random sampling was used to select respondents within each stratum. Data were collected using a structured questionnaire titled the "Information Technology Tools Adoption in Pre-Contract Phase Questionnaire (ITAPQ)," divided into six sections. Section A elicited demographic information; Section B (20 items) identified IT tools used during the pre-contract phase; Section C (20 items) measured the extent of adoption in design; Section D (20 items) measured the extent of adoption in cost estimation; Section E (20 items) measured the extent of application in tendering; and Section F (20 items) examined barriers and strategies, giving 100 substantive items in total, rated on five-point Likert scales appropriate to each construct. The instrument was validated by three experts—one from the Department of Industrial and Technology Education, Federal University of Technology, Minna, one from the Niger State Ministry of Works (Quantity Surveying), and one from a metalwork consultancy firm in Minna—who assessed clarity, relevance, appropriateness of language, coverage of objectives, and adequacy of the rating scale. The instrument was pilot-tested among 20 metalwork industry stakeholders in Kwara State, yielding Cronbach's Alpha coefficients of 0.80 to 0.92 across the constructs (overall reliability = 0.91), exceeding the acceptable threshold of 0.70 (Uzoagulu, 2011). The questionnaire was physically administered with the assistance of five trained research assistants. Of 130 copies administered, 125 were properly completed and returned (response rate = 96.2%). Data were analysed using mean and standard deviation to answer the research questions, based on a decision rule in which a mean of 3.41 and above indicated a high extent of adoption/agreement and 2.61–3.40 indicated a moderate extent. One-Way Analysis of Variance (ANOVA) was used to test the six null hypotheses at the 0.05 level of significance: hypotheses were rejected where $p < 0.05$ and retained where $p > 0.05$. All analyses were conducted using SPSS Version 26.

Results and Discussion

Information Technology Tools Used at the Pre-Contract Phase

© 2026 ISARC Academy

Table 1: Mean and Standard Deviation of Respondents' Responses on the Information Technology Tools Used at the Pre-Contract Phase of Metalwork Projects in Niger State

S/N	Item	Mean	SD	Decision
1	Computer-Aided Design (CAD) software	4.38	0.69	Agreed
2	Building Information Modelling (BIM)	4.21	0.73	Agreed
3	Quantity take-off software (e.g., CostX, Buildsoft)	4.46	0.65	Agreed
4	Project management software (e.g., MS Project, Primavera)	4.18	0.74	Agreed
5	Electronic tendering/e-procurement platforms	3.76	0.87	Agreed
6	Cloud-based collaboration platforms (e.g., Google Drive, Dropbox)	4.05	0.79	Agreed
7	Spreadsheet applications (e.g., Microsoft Excel)	3.88	0.82	Agreed
8	Electronic Document Management Systems (EDMS)	2.47	0.91	Disagreed
9	3D visualisation/rendering software (e.g., SketchUp, 3ds Max)	4.02	0.77	Agreed
10	Cost estimating software (e.g., CostOS, Candy)	4.13	0.75	Agreed
11	Geographic Information Systems (GIS)	4.03	0.78	Agreed
12	Enterprise Resource Planning (ERP) systems	3.52	0.88	Agreed
13	Video conferencing platforms (e.g., Zoom, MS Teams)	4.10	0.76	Agreed
14	Email and instant messaging platforms	4.41	0.67	Agreed
15	Construction scheduling/Gantt chart software	4.54	0.63	Agreed
16	Mobile construction management applications	4.36	0.68	Agreed
17	Digital survey/measurement tools linked to software	2.63	0.90	Disagreed
18	Building performance/energy simulation software	2.54	0.89	Disagreed
19	Online bidding/auction management platforms	3.94	0.80	Agreed
20	Database management systems for project records	4.24	0.71	Agreed
	Grand Mean/SD	**3.86**	**0.77**	**Agreed**

Decision Rule: 4.21–5.00 = Strongly Agreed; 3.41–4.20 = Agreed; 2.61–3.40 = Moderately Agreed; 1.81–2.60 = Disagreed; 1.00–1.80 = Strongly Disagreed.

Respondents generally agreed that IT tools are used during the pre-contract phase (grand mean = 3.86). Construction Scheduling/Gantt Chart Software, Quantity Take-off Software, Email/Instant Messaging Platforms, and CAD software recorded the highest usage, whereas Electronic Document Management Systems (EDMS), Building Performance/Energy Simulation Software, and Digital Survey/Measurement Tools were the least used. Standard deviation values (0.63–0.91) indicate closely clustered, consistent responses.

Extent of Adoption of IT Tools in Design of Metalwork Projects

Table 2: Mean and Standard Deviation of Respondents' Responses on the Extent of Adoption of Information Technology Tools in the Design of Metalwork Projects in Niger State

S/N	Item	Mean	SD	Decision
1	Computer-Aided Design (CAD) software	4.34	0.72	Very High Extent
2	Building Information Modelling (BIM)	4.18	0.76	High Extent
3	Quantity take-off software (e.g., CostX, Buildsoft)	3.96	0.68	High Extent
4	Project management software (e.g., MS Project, Primavera)	3.88	0.73	High Extent
5	Electronic tendering/e-procurement platforms	3.29	0.84	Moderate Extent
6	Cloud-based collaboration platforms (e.g., Google Drive, Dropbox)	3.54	0.77	High Extent
7	Spreadsheet applications (e.g., Microsoft Excel)	3.76	0.71	High Extent
8	Electronic Document Management Systems (EDMS)	2.48	0.89	Low Extent
9	3D visualisation/rendering software (e.g., SketchUp, 3ds Max)	3.42	0.75	High Extent
10	Cost estimating software (e.g., CostOS, Candy)	3.18	0.80	Moderate Extent
11	Geographic Information Systems (GIS)	2.57	0.91	Low Extent
12	Enterprise Resource Planning (ERP) systems	3.65	0.78	High Extent
13	Video conferencing platforms (e.g., Zoom, MS Teams)	3.31	0.82	Moderate Extent
14	Email and instant messaging platforms	4.27	0.69	Very High Extent

© 2026 ISARC Academy

15	Construction scheduling/Gantt chart software	3.81	0.70	High Extent
16	Mobile construction management applications	3.24	0.86	Moderate Extent
17	Digital survey/measurement tools linked to software	2.72	0.88	Moderate Extent
18	Building performance/energy simulation software	2.39	0.94	Low Extent
19	Online bidding/auction management platforms	3.11	0.79	Moderate Extent
20	Database management systems for project records	3.84	0.72	High Extent
	Grand Mean/SD	**3.49**	**0.78**	**High Extent**

Decision Rule: 4.21–5.00 = Very High Extent; 3.41–4.20 = High Extent; 2.61–3.40 = Moderate Extent; 1.81–2.60 = Low Extent; 1.00–1.80 = Very Low Extent.

IT adoption in design was rated at a high extent overall (grand mean = 3.49). CAD software and Email/Instant Messaging Platforms recorded very high adoption, alongside strong adoption of BIM, Quantity Take-off Software, and Project Management Software. GIS, EDMS, and Building Performance/Energy Simulation Software recorded low adoption.

Extent of Adoption of IT Tools in Cost Estimation

Table 3: Mean and Standard Deviation of Respondents' Responses on the Extent of Adoption of Information Technology Tools in Cost Estimation during the Pre-Contract Phase of Metalwork Projects in Niger State

S/N	Item	Mean	SD	Decision
1	Computer-Aided Design (CAD) software	3.86	0.71	High Extent
2	Building Information Modelling (BIM)	4.42	0.67	Very High Extent
3	Quantity take-off software (e.g., CostX, Buildsoft)	4.08	0.73	High Extent
4	Project management software (e.g., MS Project, Primavera)	3.84	0.76	High Extent
5	Electronic tendering/e-procurement platforms	2.56	0.87	Low Extent
6	Cloud-based collaboration platforms (e.g., Google Drive, Dropbox)	3.22	0.81	Moderate Extent
7	Spreadsheet applications (e.g., Microsoft Excel)	4.16	0.69	High Extent
8	Electronic Document Management Systems (EDMS)	3.34	0.78	Moderate Extent
9	3D visualisation/rendering software (e.g., SketchUp, 3ds Max)	2.43	0.90	Low Extent
10	Cost estimating software (e.g., CostOS, Candy)	3.92	0.72	High Extent
11	Geographic Information Systems (GIS)	2.48	0.88	Low Extent
12	Enterprise Resource Planning (ERP) systems	3.51	0.75	High Extent
13	Video conferencing platforms (e.g., Zoom, MS Teams)	3.37	0.79	Moderate Extent
14	Email and instant messaging platforms	4.25	0.66	Very High Extent
15	Construction scheduling/Gantt chart software	3.74	0.73	High Extent
16	Mobile construction management applications	3.18	0.84	Moderate Extent
17	Digital survey/measurement tools linked to software	2.29	0.91	Low Extent
18	Building performance/energy simulation software	2.67	0.85	Moderate Extent
19	Online bidding/auction management platforms	3.11	0.82	Moderate Extent
20	Database management systems for project records	3.69	0.71	High Extent
	Grand Mean/SD	**3.52**	**0.77**	**High Extent**

Decision Rule: 4.21–5.00 = Very High Extent; 3.41–4.20 = High Extent; 2.61–3.40 = Moderate Extent; 1.81–2.60 = Low Extent; 1.00–1.80 = Very Low Extent.

IT adoption in cost estimation was rated at a high extent (grand mean = 3.52), led by very high adoption of BIM and Email/Instant Messaging Platforms, and high adoption of Spreadsheet Applications, Quantity Take-off Software, and Cost Estimating Software. GIS, 3D visualisation software, and digital survey tools recorded low adoption.

Extent of Application of IT Tools in Tendering Processes

© 2026 ISARC Academy

Table 4: Mean and Standard Deviation of Respondents' Responses on the Extent of Application of Information Technology Tools in Tendering during the Pre-Contract Phase of Metalwork Projects in Niger State

S/N	Item	Mean	SD	Decision
1	Computer-Aided Design (CAD) software	3.34	0.74	Moderate Extent
2	Building Information Modelling (BIM)	4.26	0.69	Very High Extent
3	Quantity take-off software (e.g., CostX, Buildsoft)	3.89	0.71	High Extent
4	Project management software (e.g., MS Project, Primavera)	4.02	0.68	High Extent
5	Electronic tendering/e-procurement platforms	3.58	0.76	High Extent
6	Cloud-based collaboration platforms (e.g., Google Drive, Dropbox)	3.95	0.70	High Extent
7	Spreadsheet applications (e.g., Microsoft Excel)	4.18	0.65	High Extent
8	Electronic Document Management Systems (EDMS)	3.26	0.83	Moderate Extent
9	3D visualisation/rendering software (e.g., SketchUp, 3ds Max)	2.54	0.89	Low Extent
10	Cost estimating software (e.g., CostOS, Candy)	3.76	0.73	High Extent
11	Geographic Information Systems (GIS)	2.47	0.92	Low Extent
12	Enterprise Resource Planning (ERP) systems	3.47	0.77	High Extent
13	Video conferencing platforms (e.g., Zoom, MS Teams)	3.12	0.81	Moderate Extent
14	Email and instant messaging platforms	4.30	0.67	Very High Extent
15	Construction scheduling/Gantt chart software	3.71	0.72	High Extent
16	Mobile construction management applications	3.19	0.80	Moderate Extent
17	Digital survey/measurement tools linked to software	2.63	0.86	Moderate Extent
18	Building performance/energy simulation software	2.39	0.91	Low Extent
19	Online bidding/auction management platforms	3.08	0.79	Moderate Extent
20	Database management systems for project records	3.83	0.71	High Extent
	Grand Mean/SD	**3.50**	**0.77**	**High Extent**

Decision Rule: 4.21–5.00 = Very High Extent; 3.41–4.20 = High Extent; 2.61–3.40 = Moderate Extent; 1.81–2.60 = Low Extent; 1.00–1.80 = Very Low Extent.

IT application in tendering was rated at a high extent (grand mean = 3.50). BIM and Email/Instant Messaging Platforms were applied to a very high extent, while dedicated electronic tendering/e-procurement platforms were applied only moderately—indicating that general-purpose communication tools, rather than specialised e-procurement systems, currently dominate tendering practice.

Barriers Hindering the Adoption of IT Tools

Table 5: Mean and Standard Deviation of Respondents' Responses on the Barriers Hindering the Adoption of Information Technology Tools during the Pre-Contract Stage of Metalwork Projects in Niger State

S/N	Item	Mean	SD	Decision
1	High cost of software acquisition and licensing	4.32	0.68	Strongly Agree
2	Inadequate technical skills/training among professionals	4.08	0.72	Agree
3	Poor and unstable power supply	4.45	0.65	Strongly Agree
4	Limited internet connectivity/bandwidth	3.96	0.77	Agree
5	High cost of hardware and equipment	4.14	0.71	Agree
6	Resistance to change among staff	3.38	0.84	Undecided
7	Lack of organisational IT policy	3.52	0.79	Agree
8	Inadequate awareness of available IT tools	3.26	0.86	Undecided
9	Lack of management support and investment	3.88	0.75	Agree
10	Absence of standardised digital workflows	4.18	0.70	Agree
11	Data security and confidentiality concerns	3.42	0.82	Agree
12	Compatibility issues between different software platforms	3.29	0.88	Undecided
13	Lack of qualified in-house IT support staff	4.27	0.69	Strongly Agree
14	High cost of software maintenance and upgrades	4.05	0.73	Agree

© 2026 ISARC Academy

15	Limited government regulation and incentives	3.61	0.80	Agree
16	Client resistance to digital documentation and submissions	3.34	0.83	Undecided
17	Time constraints for learning new tools	3.79	0.76	Agree
18	Inadequate digital infrastructure at project sites	4.11	0.72	Agree
19	Fear of job displacement due to automation	3.17	0.89	Undecided
20	Lack of professional certification in IT tools	3.86	0.74	Agree
	Grand Mean/SD	**3.84**	**0.76**	**Agree**

Decision Rule: 4.21–5.00 = Strongly Agree; 3.41–4.20 = Agree; 2.61–3.40 = Undecided; 1.81–2.60 = Disagree; 1.00–1.80 = Strongly Disagree.

Respondents agreed that several factors constitute significant barriers (grand mean = 3.84). High cost of software acquisition and licensing, poor and unstable power supply, and lack of qualified in-house IT support staff were the most strongly endorsed barriers. Respondents were undecided on "softer" attitudinal barriers such as resistance to change, awareness gaps, and fear of job displacement, suggesting that structural and infrastructural constraints are perceived as more decisive than individual attitudes.

Strategies for Improving the Adoption of IT Tools

Table 6: Mean and Standard Deviation of Respondents' Responses on the Strategies for Improving the Adoption of Information Technology Tools during the Pre-Contract Stage of Metalwork Projects in Niger State

S/N	Item	Mean	SD	Decision
1	Organising regular training and workshops for professionals	4.48	0.68	Strongly Agree
2	Government subsidies for IT software and hardware acquisition	4.06	0.74	Agree
3	Improving power supply infrastructure	4.31	0.71	Strongly Agree
4	Mandating IT use in public project procurement	4.24	0.69	Strongly Agree
5	Incorporating IT training into university curricula	3.98	0.76	Agree
6	Encouraging firms to invest in digital infrastructure	3.82	0.79	Agree
7	Establishing professional CPD programmes on IT tools	4.39	0.67	Strongly Agree
8	Creating awareness campaigns on the benefits of IT adoption	3.73	0.81	Agree
9	Reducing import duties on IT equipment	3.65	0.78	Agree
10	Standardising digital workflows across the industry	4.18	0.72	Agree
11	Strengthening internet infrastructure and network coverage	4.42	0.66	Strongly Agree
12	Providing incentives for early adopters of IT tools	3.91	0.75	Agree
13	Establishing dedicated IT support units within organisations	4.36	0.68	Strongly Agree
14	Enforcing data protection regulations	3.87	0.77	Agree
15	Promoting collaboration between IT vendors and metalwork firms	3.69	0.80	Agree
16	Developing low-cost local software alternatives	4.02	0.73	Agree
17	Encouraging mentorship in digital skills among professionals	4.27	0.70	Strongly Agree
18	Setting up demonstration/pilot digital projects	3.74	0.79	Agree
19	Regulatory bodies mandating minimum digital competency	4.14	0.71	Agree
20	Establishing e-procurement platforms for public projects	4.55	0.65	Strongly Agree
	Grand Mean/SD	**4.09**	**0.73**	**Agree**

Decision Rule: 4.21–5.00 = Strongly Agree; 3.41–4.20 = Agree; 2.61–3.40 = Undecided; 1.81–2.60 = Disagree; 1.00–1.80 = Strongly Disagree.

Respondents agreed with a broad range of improvement strategies (grand mean = 4.09). The most strongly endorsed were establishing e-procurement platforms for public projects, organising regular training and workshops, improving power supply infrastructure, mandating IT use in public procurement, and strengthening internet infrastructure.

© 2026 ISARC Academy

Test of Hypotheses

The six null hypotheses were tested using One-Way ANOVA at the 0.05 level of significance

Table 7: Summary of One-Way ANOVA Results for Hypotheses H01–H06

Hyp.	Construct Tested (df = 4, 125)	F-value	Sig. (p)	Decision
H01	IT tools used at pre-contract phase	1.286	0.279	Not Significant
H02	Extent of adoption in design	1.472	0.214	Not Significant
H03	Extent of adoption in cost estimation	1.087	0.365	Not Significant
H04	Extent of application in tendering processes	1.364	0.250	Not Significant
H05	Barriers hindering IT adoption	1.624	0.171	Not Significant
H06	Strategies for improving IT adoption	1.233	0.301	Not Significant

As shown in Table 7, all six calculated F-values yielded p-values greater than 0.05. Consequently, all six null hypotheses were retained, indicating no statistically significant difference in the mean responses of Fabricators, Welders, Metalwork Engineers, Quantity Surveyors, and Project/Construction Managers on the IT tools used, the extent of adoption in design and cost estimation, the extent of application in tendering, the barriers hindering adoption, or the strategies for improvement.

Discussion of Findings

The substantial use of scheduling software, quantity take-off applications, CAD, and digital communication platforms demonstrates that IT has become embedded in everyday metalwork practice in Niger State, supporting the position of Succar and Kassem (2017) and Alaloul et al. (2023) that digital technologies have reshaped how professionals plan and coordinate pre-contract activities globally. However, the comparatively low usage of EDMS, energy simulation software, and digital survey tools reveals a pattern of selective rather than holistic technology adoption, mirroring the observations of Oladapo and Oyedele (2018) and Oke et al. (2021) that Nigerian firms tend to adopt basic, isolated applications rather than integrating tools into end-to-end digital workflows.

The high adoption of CAD and BIM in design is consistent with Olawumi and Chan (2019), who noted that BIM integrates design, cost, and time data into a unified platform. Nonetheless, low adoption of GIS and energy simulation software reinforces Musa et al.'s (2022) observation that many Nigerian firms remain at an intermediate stage of digital maturity, having adopted foundational tools without extending to specialised, function-specific applications. Similarly, the high adoption of BIM, spreadsheets, and dedicated estimating software in cost estimation corroborates Ogunsemi et al. (2021), while the comparatively low adoption of GIS and 3D visualisation tools for this function suggests that adoption is task-specific rather than uniform, in line with Alaloul et al. (2023).

The only moderate application of dedicated electronic tendering and e-procurement platforms—as distinct from general-purpose tools like email and spreadsheets—is a critical finding, consistent with Adebisi and Bello's (2020) submission that tendering processes in Nigeria remain comparatively slow and only partially transparent. The prominence of high software costs, unstable power supply, and lack of qualified in-house IT support as leading barriers validates Ikediashi and Ogwueleka (2016) and Olanipekun and Adeyera (2020), and the centrality of power supply as a barrier even within Niger State underscores that infrastructural deficiencies continue to constrain digital transformation in metalwork. The strong endorsement of e-procurement platforms, regular training, improved power supply, and dedicated IT support units reflects the recommendations of Musa et al. (2022) and Alaloul et al. (2023) regarding capacity building, infrastructural investment, and institutional support.

The retention of all six null hypotheses indicates that perceptions of IT tool usage, adoption, application, barriers, and strategies do not differ significantly across professional categories, suggesting that the challenges and opportunities associated with IT adoption at the pre-contract stage are systemic rather than profession-specific—consistent with Oke et al.'s (2021) submission that IT adoption challenges in

© 2026 ISARC Academy

the Nigerian metalwork industry are rooted in infrastructural, financial, and institutional deficiencies affecting all professionals collectively. This implies that interventions to improve IT adoption need not be tailored separately to each profession but can be designed as industry-wide, cross-cutting strategies.

Conclusion

This study assessed the adoption of Information Technology tools at the pre-contract phase of metalwork projects in Niger State, Nigeria. The findings revealed that a broad range of IT tools—particularly scheduling software, quantity take-off software, CAD, and communication platforms—are already embedded in pre-contract practice, while more specialised tools such as EDMS, GIS, and building performance/energy simulation software remain underutilised, indicating selective rather than fully integrated digital adoption. IT tools were adopted to a high extent in both design and cost estimation, with BIM and CAD emerging as particularly influential, while application in tendering, though generally high, is limited by the moderate use of dedicated electronic tendering and e-procurement platforms.

Adoption is significantly constrained by barriers such as the high cost of software acquisition and licensing, unstable power supply, and the lack of qualified in-house IT support staff, which were found to be largely infrastructural and financial rather than attitudinal. Strategies such as e-procurement platforms, regular training and capacity-building programmes, improved power supply, and dedicated organisational IT support units were identified as key measures for enhancing adoption. Importantly, the study found no statistically significant differences in the perceptions of the five professional groups on any of the six constructs examined, indicating that the challenges and opportunities associated with IT adoption at the pre-contract phase are systemic rather than confined to any single discipline. In conclusion, while IT adoption at the pre-contract phase in Niger State has progressed beyond a rudimentary stage, it remains uneven, fragmented, and constrained by infrastructural and financial limitations, requiring coordinated action from professionals, organisations, regulatory bodies, and government agencies.

Recommendations

1. Metalwork firms and consultancy organisations should invest in specialised digital tools, particularly EDMS, GIS, and simulation software, to complement already-adopted design and cost estimation tools.
2. Professional bodies (NIA, NIQS, CORBON, NIMechE) should organise regular Continuous Professional Development (CPD) programmes and hands-on workshops to strengthen practitioners' technical competence.
3. Government agencies should prioritise improvements to power supply and internet infrastructure in Niger State, and consider subsidies, tax incentives, or reduced import duties on IT hardware and software.
4. Regulatory bodies and government procurement agencies should mandate the use of electronic tendering and e-procurement platforms for public metalwork projects.
5. Metalwork organisations should establish dedicated in-house IT support units or partner with external IT service providers to address the shortage of qualified technical support staff.
6. Educational institutions offering Metalwork Technology, Quantity Surveying, Mechanical Engineering, and Construction Management programmes should integrate practical training in BIM, CAD, and cost estimating software into their curricula.
7. Metalwork professionals should take individual responsibility for improving their digital literacy through self-directed learning, mentorship, and vendor-organised training.
8. Industry stakeholders and professional bodies should collaborate to develop standardised digital workflows and interoperability guidelines across software platforms.

© 2026 ISARC Academy

References

Adebisi, E. O., & Bello, S. (2020). Digitalisation of construction procurement processes in Nigeria: Issues and prospects. *Nigerian Journal of Construction Technology and Management, 8*(2), 45–58.

Afolabi, A., Ojelabi, R., Oyeyipo, O., Tunji-Olayeni, P., & Akinola, A. (2019). E-tendering adoption in the Nigerian construction industry: Prospects and challenges. *Journal of Construction Project Management and Innovation, 9*(1), 2355–2374.

Ajayi, T. A., & Yusuf, O. S. (2023). Project management software usage and tender process duration in South-West Nigeria. *Journal of Project Delivery and ICT in Construction, 7*(4), 102–118.

Alaloul, W. S., Musarat, M. A., Rabbani, M. B. A., Iqbal, Q., Maqsoom, A., & Farooq, W. (2023). Construction sector 4.0 in developing countries: Challenges and opportunities. *Ain Shams Engineering Journal, 14*(1), 101–115.

Ameh, O. J., & Odusami, K. T. (2010). Professionals' ambivalence toward construction project planning in Nigeria. *Journal of Management in Engineering, 26*(1), 38–46.

Amusan, L. M., Oloniju, L. I., Akomolafe, M., Makinde, A., Nkolika-Peter, P., Farayola, H., & Osawaru, F. (2018). Adopting information and communication technology in construction industry. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology, 9*(1), 739–746.

Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., & O'Reilly, K. (2012). Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. *Automation in Construction, 20*(2), 189–195.

Ayodele, O. J., & Alabi, K. T. (2020). Adoption of BIM in pre-contract activities for enhanced project performance: Evidence from Lagos State, Nigeria. *Journal of Construction Informatics and Management, 12*(3), 45–58.

Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering, 11*(3), 241–252.

Bello, A. O., & Ayegba, C. (2024). Adoption of building information modelling for post-construction in Nigeria: Examination of barriers and strategies development. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*. Advance online publication.

Chen, L., & Rahman, H. (2024). Interoperability between BIM, CAD, and cost estimation tools: A multi-country empirical investigation. *International Review of Digital Construction Practices, 6*(2), 88–109.

Chigemezu, A. N., Jovita, E. C., & Daniel, E. (2024). Assessment of the adoption of building information modelling (BIM) in construction industries in Nigeria: A case study of Abuja metropolis. *IRESPUB Journal of Natural & Applied Sciences, 3*(1), 12–23.

Council of Registered Builders of Nigeria (CORBON). (2025). *Professional associations and regulatory bodies in the Nigerian construction industry*.

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly, 13*(3), 319–340.

Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., & McNiff, S. (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction, 36*, 145–151.

Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2019). *How to design and evaluate research in education* (10th ed.). McGraw-Hill.

Greenhalgh, T., Robert, G., Macfarlane, F., Bate, P., & Kyriakidou, O. (2005). Diffusion of innovations in service organizations: Systematic review and recommendations. *The Milbank Quarterly, 82*(4), 581–629.

© 2026 ISARC Academy

Ibrahim, Y. U., & Musa, F. I. (2025). E-procurement maturity and accountability improvement in federal agencies in Abuja: A longitudinal assessment (2019–2024). *Journal of Public Infrastructure and Procurement Innovation, 13*(1), 34–52.

Ikediashi, D. I., & Ogwueleka, A. C. (2016). Assessing the use of ICT systems and their impact on construction project performance in the Nigerian construction industry. *Journal of Engineering, Design and Technology, 14*(2), 252–276.

King, W. R., & He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information & Management, 43*(6), 740–755.

Lindahl, Y. (2010). Decision support systems in construction tendering processes. *arXiv*.

Mensah, D. A., & Opoku, J. O. (2023). Drivers and barriers of IT adoption in pre-contract processes: A comparative analysis of public and private projects in Accra, Ghana. *African Journal of Construction and Procurement, 11*(1), 55–73.

Musa, N. A., Bello, S., & Usman, T. (2022). Determinants of information technology adoption among construction firms in Nigeria. *Journal of Construction Business and Management, 6*(1), 33–47.

Nwachukwu, C. E., & Bala, S. M. (2022). 5D BIM for improved pre-contract cost estimation accuracy: A study of medium-scale residential projects in Lagos State. *International Journal of Construction Digitalization, 4*(1), 26–41.

Ogunsemi, D. R., Adewuyi, T. O., & Jagboro, G. O. (2021). Digital technologies and cost management practices in the Nigerian construction industry. *Journal of Financial Management of Property and Construction, 26*(2), 210–228.

Okoye, R. C., & Hassan, M. A. (2021). E-tendering adoption and its impact on tender accuracy in public building projects in Abuja, Nigeria. *Nigerian Journal of Built Environment and Procurement Studies, 9*(2), 77–92.

Oke, A. E., Aigbavboa, C. O., & Semenya, K. (2021). Adoption of digital technologies in construction project management in developing countries. *Journal of Engineering, Design and Technology, 19*(3), 585–602.

Oladapo, A. A., & Oyedele, L. O. (2018). Barriers to the adoption of information technology in the Nigerian construction industry. *Journal of Construction in Developing Countries, 23*(1), 1–18.

Olanipekun, A. O., & Adeyera, O. (2020). Barriers to digital technology adoption in Nigerian construction firms. *International Journal of Construction Management, 20*(6), 611–622.

Olanrewaju, O. I., Chileshe, N., Babarinde, S. A., & Sandanayake, M. (2020). Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management, 27*(10), 2931–2958.

Olatunji, S. O. (2019). Pre-contract project management practices in the Nigerian construction industry. *Journal of Construction Business and Management, 3*(2), 22–34.

© 2026 ISARC Academy

THE SOCIAL ECONOMY AND VULNERABLE GROUPS: EMPLOYMENT OPPORTUNITIES AND BARRIERS TO ACCESS

PhD. Student Elena Denisa MATEEVICI

Romanian Academy, School of Advanced Studies of the Romanian Academy, Doctoral School of Economic Sciences, National Institute for Economic Research "Costin C. Kirițescu", Institute of National Economy, Bucharest, Romania

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0002-4344-419X

Assoc. Prof. Dr. Ivona RĂPAN

Romanian Academy, Institute of National Economy, Bucharest, Romania

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8436-9494

PhD. Student Mihaela PANAIT (ION)

Doctoral School of Economic Sciences and Humanities, "Valahia" University of Târgoviște, Târgoviște, Romania

ORCID ID: https://orcid.org/0009-0002-1912-0646

PhD. Anca CRISTEA

Romanian Academy, The Institute for World Economy, Bucharest, Romania

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5499-7836

ABSTRACT

The social economy has gained increasing attention as a means of addressing poverty, social exclusion, and unequal access to employment. Yet the existence of social enterprises and employment opportunities does not necessarily mean that those who need them most are able to benefit. For many people belonging to vulnerable groups, finding a job remains difficult, not only because of limited qualifications or economic circumstances, but also because information about available opportunities often fails to reach them. This raises an important question: how accessible is the social economy to the very people it is intended to support? The paper examines the relationship between the social economy and the labour market integration of vulnerable groups, focusing on the barriers that may prevent potential employees from accessing employment opportunities within social enterprises. Particular attention is given to limited public awareness, communication gaps, institutional fragmentation, and the role of local actors in connecting vulnerable individuals with potential employers. The discussion also considers how more effective promotion, accessible information, and stronger cooperation between social enterprises, public employment services, and community organisations could improve access to employment. Rather than treating the social economy as an automatic solution to poverty and exclusion, the paper approaches its contribution as dependent on the conditions under which opportunities become visible, accessible, and relevant to those facing labour market disadvantages. Understanding these conditions is essential for assessing the potential of the social economy to support more inclusive and sustainable employment.

Keywords: social economy; vulnerable groups; employment opportunities; barriers to employment; labour market inclusion; social enterprises; poverty reduction.

JEL Classification: L31, J14, J68, I32, O35.

© 2026 ISARC Academy

1. INTRODUCTION

The social economy has increasingly attracted attention as a means of promoting inclusive economic development, addressing social inequalities, and improving access to employment for individuals facing disadvantages in the labour market. Social economy organisations combine economic activities with social objectives and include cooperatives, associations, mutual societies, foundations, and social enterprises. Their contribution to inclusion depends not only on their capacity to create employment but also on whether the opportunities they provide are accessible to the individuals for whom they are intended (OECD, 2023; European Commission, 2021).

At the European level, the social economy comprises approximately 2.8 million entities and provides employment for around 13.6 million people (European Commission, 2021). Nevertheless, its employment contribution varies across Member States. In 2023, approximately 6.3% of the employed population in the European Union worked in social economy entities, while the reported share was below 2% in Romania. These estimates should be interpreted cautiously because national definitions and statistical coverage differ (European Commission, 2025). The variation nevertheless highlights the importance of examining the development of the sector and its capacity to reach disadvantaged groups.

The need to strengthen employment inclusion is also reflected in indicators of poverty and social exclusion. In 2025, 20.9% of the European Union population was at risk of poverty or social exclusion, compared with 27.4% in Romania (Eurostat, 2026a). In addition, the employment-rate gap between people with and without disabilities reached 24.2 percentage points across the European Union in 2025 (Eurostat, 2026b). Although these indicators do not directly measure access to employment in social enterprises, they illustrate the broader inequalities that employment-inclusion policies seek to address.

Social enterprises can contribute to inclusion by providing employment opportunities, work experience, training, and support for people experiencing difficulties entering the labour market. However, their potential contribution should not be regarded as automatic. The existence of vacancies does not guarantee that vulnerable individuals know about them, understand recruitment requirements, or can access the information and assistance needed to apply. The OECD (2023) recognises the role of social enterprises in addressing employment difficulties among vulnerable groups, while also situating their activities within a broader response to social needs.

Access to employment may be restricted by interconnected informational, communication-related, and institutional barriers. Limited awareness of vacancies, inaccessible or unclear recruitment information, and insufficient coordination between organisations can make it difficult for potential employees to identify and pursue suitable opportunities. Public employment services, social enterprises, local authorities, and community organisations may perform complementary roles in disseminating information, providing guidance, and connecting vulnerable individuals with employers. European policy frameworks emphasise both the visibility of the social economy and cooperation between social economy entities, public employment services, and mainstream businesses (European Commission, 2021; Council of the European Union, 2023).

Against this background, this article examines the relationship between the social economy and the labour market integration of vulnerable groups, focusing on the barriers that may restrict access to employment opportunities within social enterprises. The main research question is: To what extent do informational, communicational, and institutional barriers limit vulnerable groups' access to employment opportunities within the social economy, and how can cooperation between social enterprises, public employment services, and community organisations improve this access?

The study adopts a documentary and descriptive-analytical approach based on secondary statistical data, institutional reports, European policy documents, and academic literature. It examines the scale of the social economy and the broader context of social vulnerability, while analysing the conditions that may facilitate or hinder access to employment. It does not seek to establish causal relationships or quantify

© 2026 ISARC Academy

the prevalence of individual barriers, but to develop an evidence-based understanding of the challenges associated with labour market inclusion.

2. THEORETICAL FRAMEWORK AND LITERATURE REVIEW

The Concept and Main Characteristics of the Social Economy

The social economy is commonly understood as a group of organisations that conduct economic activities while prioritising social objectives, collective needs, and the interests of their members or communities over the maximisation of profit. Within the European context, this organisational field includes cooperatives, mutual societies, associations, foundations, and social enterprises. Although these entities differ in their legal forms, governance arrangements, sources of revenue, and operational models, they share an orientation towards social purpose and the creation of economic and social value (OECD, 2023; European Commission, 2021).

The diversity of the social economy is an important characteristic of the sector. Some organisations provide social care, education, health-related services, or community support, while others operate in areas such as recycling, agriculture, manufacturing, retail, and cultural activities. Social enterprises may sell goods and services in competitive markets while using their activities to pursue explicit social objectives. Other organisations rely more heavily on membership contributions, grants, donations, or public contracts. Consequently, the social economy should not be treated as a homogeneous group of employers: its capacity to generate jobs, offer stable working conditions, and support disadvantaged workers varies according to organisational resources, economic activities, and institutional environments (OECD, 2023).

An important distinction must therefore be made between the social economy as a broad organisational field and social enterprises as a particular type of organisation within it. Social enterprises combine entrepreneurial activity with a primary social purpose, using their operations to address societal needs. Some explicitly support labour market integration by providing employment, work experience, training, and individualised assistance to people facing disadvantages. Work integration social enterprises are particularly relevant to this article because their activities directly connect social objectives with employment-related outcomes. However, not every social economy organisation has employment integration as its principal mission, and not every job created within the sector is necessarily intended for a person belonging to a vulnerable group (OECD, 2023).

The European Commission's Social Economy Action Plan estimated that approximately 2.8 million social economy entities operated in Europe and employed around 13.6 million people. These figures illustrate the economic significance of the sector, but they should not be interpreted as evidence that all these jobs are accessible to disadvantaged groups. The aggregate employment contribution of the social economy and its specific contribution to labour market integration are distinct analytical questions. Addressing the latter requires attention to recruitment practices, eligibility criteria, information channels, support arrangements, and the relationship between organisations and the communities they serve (European Commission, 2021).

For the purposes of this article, the social economy is understood not simply as a source of employment but as a potential institutional mechanism for promoting more inclusive access to work. Its contribution depends on the interaction between its social mission, its economic sustainability, and its ability to reach individuals who experience barriers in conventional labour markets. This perspective provides the conceptual basis for examining whether employment opportunities within the sector are visible, accessible, and relevant to vulnerable groups.

Vulnerable Groups and Labour Market Inclusion

The term vulnerable groups encompasses individuals and population groups whose social, economic, educational, health-related, or institutional circumstances may increase their risk of exclusion from employment and other forms of social participation. Depending on the policy context, this may include

© 2026 ISARC Academy

people with disabilities, long-term unemployed individuals, young people not in employment, education or training, people with low educational attainment, migrants, members of disadvantaged communities, and people experiencing poverty or housing insecurity. These groups are heterogeneous, and vulnerability should not be understood as an inherent characteristic of individuals. Rather, it often emerges through the interaction between personal circumstances and structural conditions that restrict access to resources, services, and opportunities.

Labour market inclusion involves more than the formal right to apply for a job or the availability of vacancies. It also concerns the ability to identify opportunities, understand recruitment requirements, demonstrate relevant skills, access appropriate support, and obtain employment under fair and sustainable conditions. From this perspective, inclusion is a multidimensional process encompassing access to employment, participation in the workplace, retention, skills development, and opportunities for progression.

The European Union's policy framework recognises the relationship between employment, equal opportunities, skills development, and social protection. The Council Recommendation of 27 November 2023 on developing social economy framework conditions encourages Member States to use the social economy to promote labour market access and social inclusion. It specifically highlights cooperation between public employment services, social economy entities, and conventional businesses, as well as measures supporting the participation of disadvantaged groups, including people with disabilities (Council of the European Union, 2023).

Nevertheless, the existence of inclusive employment policies does not guarantee that their intended beneficiaries can access them in practice. Formal eligibility and effective accessibility are not equivalent. A vacancy may be available but remain unknown to a potential applicant; information may be published but communicated in a format that is difficult to understand or access; or an individual may be referred to a service without receiving the practical support required to complete the recruitment process. These possibilities suggest that labour market exclusion should be examined not only through employment outcomes but also through the processes by which individuals become aware of and engage with available opportunities.

This distinction is particularly relevant to social enterprises. Their social objectives may encourage more inclusive recruitment and support practices, but their capacity to implement such practices depends on financial resources, staff expertise, organisational priorities, and the availability of external support. Research on work integration initiatives has highlighted the importance of individualised assistance, systematic support, and cooperation with conventional employers in helping people with low employability move towards employment (Martinho, 2024; Yurrebaso et al., 2023).

Consequently, vulnerable groups should not be approached as a single category with identical employment needs. The barriers faced by a person with a disability may differ from those experienced by a young person without work experience, a long-term unemployed individual, or a person facing language and administrative difficulties. An effective inclusion framework therefore needs to recognise differences in circumstances and provide accessible information, appropriate guidance, and support adapted to the needs of potential employees.

The Social Economy as a Mechanism for Employment Integration

The potential of the social economy to promote employment integration can be examined through three interrelated functions: the creation of employment opportunities, the development of employability, and the provision of supportive pathways towards labour market participation.

First, social economy organisations can generate employment directly through their economic activities. Unlike initiatives that rely exclusively on temporary assistance or income support, employment within a social enterprise can provide access to work experience, professional relationships, income, and opportunities to develop practical skills. The extent to which these benefits materialise depends, however, on the availability of viable economic activities and the organisation's capacity to sustain employment over time.

© 2026 ISARC Academy

Second, certain social enterprises combine employment with training, mentoring, and personalised assistance. Such arrangements may be particularly important for individuals who have experienced prolonged periods of unemployment or who require additional support to enter or re-enter the labour market. The OECD (2023) situates social enterprises within a wider ecosystem of organisations that address social needs through entrepreneurial activity, while research on work integration initiatives emphasises the importance of sustained support and links with employers outside the social economy.

Third, social economy organisations may act as intermediaries between disadvantaged individuals, public institutions, and employers. Their local presence and community relationships can help identify employment needs, communicate opportunities, and facilitate access to support services. This intermediary function is particularly relevant when potential employees experience difficulties navigating formal recruitment procedures or accessing information through conventional channels.

However, these functions should not be confused with a guarantee of successful employment integration. Social enterprises operate within economic and institutional environments that can constrain their capacity to recruit, train, and retain disadvantaged workers. Limited financial resources, administrative burdens, insufficient specialist expertise, and difficulties establishing relationships with conventional employers may reduce their ability to deliver sustained support. The effectiveness of employment integration therefore depends on both the internal capacities of social enterprises and the external conditions under which they operate.

The European policy framework increasingly acknowledges these interdependencies. The Council Recommendation on developing social economy framework conditions calls for measures that strengthen the enabling environment for social economy organisations and improve cooperation with public employment services and mainstream businesses. These priorities underline the importance of integrating social enterprises into broader employment and inclusion strategies rather than expecting individual organisations to address structural labour market disadvantages independently (Council of the European Union, 2023).

For the present article, the key implication is that the contribution of the social economy must be assessed at two connected levels: its capacity to create or support employment and the accessibility of those opportunities to the individuals who may benefit from them. The second level provides the basis for examining informational, communicational, and institutional barriers in the following subsections.

Informational and Communication Barriers to Employment Access

Access to information is a fundamental condition for participation in the labour market. Individuals cannot apply for opportunities that they do not know exist, and awareness alone may be insufficient if recruitment requirements, application procedures, or available support are difficult to understand. Consequently, the relationship between the supply of employment opportunities and the ability of vulnerable groups to access them is mediated by the availability, clarity, relevance, and accessibility of information.

In the context of the social economy, informational barriers may arise when vacancies are advertised through channels that do not reach disadvantaged communities, when organisations have limited visibility, or when information about employment and training opportunities is dispersed across multiple institutions. Small social enterprises may also lack the resources or specialist expertise required to maintain effective communication strategies and establish systematic links with potential applicants. These barriers may vary according to organisational characteristics and institutional contexts and should not be regarded as equally prevalent across all social enterprises.

Communication barriers are related to, but distinct from, informational barriers. Whereas the latter concern whether information reaches potential employees, communication barriers concern whether that information can be understood and acted upon. Complex application procedures, inaccessible digital platforms, language difficulties, limited digital skills, and the absence of tailored guidance may prevent individuals from translating awareness into participation. For people with disabilities, accessibility

© 2026 ISARC Academy

requirements may also affect whether recruitment information and application procedures can be used effectively.

Digital recruitment illustrates this distinction. Online platforms can expand the geographical reach of vacancies and reduce some communication costs. However, digital channels may also create additional difficulties for individuals with limited internet access, low digital literacy, or accessibility needs. A recruitment process that is formally available online is not necessarily accessible to all potential applicants.

These issues suggest that the visibility of employment opportunities should be treated as an important component of inclusion. Effective communication requires more than publishing vacancies: it involves selecting appropriate channels, presenting information in accessible formats, explaining eligibility requirements clearly, and enabling potential employees to obtain assistance when necessary.

The European Commission's emphasis on improving the visibility and recognition of the social economy provides a relevant policy context for this argument. The Social Economy Action Plan identifies limited recognition and understanding of the sector as challenges affecting the development of social economy organisations (European Commission, 2021).

Nevertheless, sector-wide visibility and individual access to employment information are not identical. Greater public awareness of the social economy does not automatically ensure that a person seeking work will discover a suitable vacancy or receive the support needed to apply. This distinction is central to the present article: information must be not only available but also accessible, understandable, and relevant to the circumstances of potential employees.

Institutional Fragmentation and the Role of Local Cooperation

Employment inclusion frequently involves several institutions with different responsibilities, procedures, resources, and target groups. Public employment services may provide career guidance and job-matching assistance; social enterprises may offer employment and workplace support; local authorities may coordinate social services; and community organisations may maintain direct relationships with individuals experiencing disadvantage. When these actors operate without effective communication or coordination, potential employees may encounter fragmented services and unclear pathways towards employment.

Institutional fragmentation can take several forms. Information about available support may not be shared consistently, referral procedures may be unclear, and organisations may have limited knowledge of the services provided by other actors. Individuals may consequently be required to navigate multiple administrative systems independently, even when they face barriers that make such navigation difficult.

These challenges are especially relevant when employment exclusion is associated with several overlapping needs. A person may require vocational training, assistance with administrative procedures, accessible transport, social support, or workplace adjustments before being able to take up a job. Addressing such needs may require cooperation between employment services, social enterprises, local authorities, and specialised organisations. The absence of coordination does not necessarily mean that individual institutions are inactive; rather, it may indicate that their activities are insufficiently connected from the perspective of the person seeking employment.

The Council Recommendation of 27 November 2023 provides a clear policy basis for examining this issue. It encourages Member States to strengthen cooperation between public employment services, social economy entities, and mainstream businesses, including to improve outreach to disadvantaged groups and support labour market integration (Council of the European Union, 2023).

Local actors may play a particularly important role because they are often positioned to identify community needs, establish trust, and communicate information through channels familiar to potential beneficiaries. Cooperation can therefore improve the connection between the supply of employment opportunities and the individuals who may be eligible for them. Examples of potentially useful

© 2026 ISARC Academy

mechanisms include coordinated referral procedures, shared information about vacancies, joint outreach activities, and arrangements for providing individualised employment support.

However, cooperation should not be understood simply as the existence of formal partnerships. Its practical value depends on the clarity of responsibilities, continuity of communication, availability of resources, and ability to respond to individual needs. Effective collaboration should ultimately be assessed in relation to whether it makes employment opportunities easier to identify, access, and sustain.

For this reason, institutional cooperation constitutes a central analytical dimension of the article. It connects the informational and communication barriers discussed above with the broader organisational conditions that shape access to employment in the social economy.

Synthesis of the Literature and Analytical Framework

The literature and policy documents reviewed in this section suggest that the relationship between the social economy and labour market inclusion cannot be understood solely through the number of social enterprises established or the number of jobs created. A more comprehensive perspective needs to consider the processes through which employment opportunities reach potential beneficiaries and the conditions under which individuals can access and maintain those opportunities.

Three dimensions are particularly relevant to the research question.

First, information and visibility concern whether vulnerable individuals know about social enterprises, available vacancies, eligibility criteria, and relevant support services.

Second, communication and accessibility concern whether potential employees can understand employment information, navigate application procedures, and obtain assistance adapted to their circumstances.

Third, institutional coordination concerns the extent to which social enterprises, public employment services, local authorities, and community organisations cooperate to connect individuals with opportunities and provide complementary support.

These dimensions are interrelated. Limited visibility may prevent individuals from discovering vacancies; communication difficulties may prevent them from applying; and fragmented institutional arrangements may leave them without the support required to overcome these difficulties. Conversely, accessible information, clear communication, and coordinated referral mechanisms may improve the practical connection between social enterprises and vulnerable groups. These relationships constitute an analytical framework for the present article, rather than a set of causal relationships empirically demonstrated by this study.

This framework provides a structured basis for examining how organisational resources, accessible recruitment practices, and institutional cooperation may shape vulnerable groups' access to employment opportunities within the social economy.

Accordingly, this article approaches employment inclusion as a process involving both the availability of opportunities and the mechanisms that enable people to access them. This perspective provides the theoretical foundation for examining the employment contribution of the social economy, identifying barriers to access, and discussing the role of local actors and institutional cooperation.

3. RESEARCH METHODOLOGY AND DATA SOURCES

Research Design

This study adopts a documentary and descriptive-analytical approach based on secondary statistical data, European policy documents, institutional reports, and relevant academic literature. The objective is to examine the relationship between the social economy and the labour market inclusion of vulnerable groups, with particular attention to the informational, communicational, and institutional barriers that may restrict access to employment opportunities within social enterprises.

© 2026 ISARC Academy

The research does not involve an original survey, interviews, or primary data collection. Instead, the study combines a structured documentary review of academic literature and policy documents with a descriptive analysis of selected statistical indicators. A comparative approach is used to examine Romania in relation to the European Union, where data availability and definitions permit meaningful comparisons.

Data Sources and Selection Criteria

The analysis draws primarily on publications and statistical information provided by Eurostat and the European Commission. Documents issued by the Council of the European Union and reports published by the OECD are used to examine the policy framework and the role of the social economy in employment inclusion. Relevant academic studies complement these sources by addressing work integration social enterprises, employment support, and the barriers experienced by disadvantaged individuals.

Sources were selected according to their relevance to the research question, institutional or academic credibility, and usefulness for understanding employment inclusion. Particular attention was given to information concerning the scale of the social economy, poverty and social exclusion, labour market participation, and the role of cooperation between social enterprises and other relevant institutions.

Where statistical estimates differ in reference year, geographical coverage, or definition, these differences are acknowledged. The analysis therefore avoids treating figures derived from different statistical frameworks as directly comparable.

Indicators and Analytical Procedure

The statistical analysis focuses on two main dimensions. The first concerns the scale and employment contribution of the social economy, using available estimates of the number of organisations, people employed, and the sector's share of employment. The second concerns the wider context of social vulnerability, using indicators such as the at-risk-of-poverty-or-social-exclusion rate (AROPE).

The indicators are drawn from published sources and organised for descriptive and comparative analysis. Tables are used to present the selected statistical indicators and compare the European Union and Romania, with particular attention to differences in reference periods and statistical coverage. Each statistical element is accompanied by its source and, where relevant, a note concerning the reference year or comparability of the data.

Alongside the statistical analysis, a qualitative review of policy documents and academic literature is conducted around three analytical dimensions: information and visibility, communication and accessibility, and institutional coordination. These dimensions guide the examination of how potential employees become aware of employment opportunities, understand recruitment procedures, and obtain support from relevant organisations.

Scope and Methodological Limitations

The study is descriptive and documentary in nature. Its purpose is to identify relevant patterns and discuss the conditions that may facilitate or restrict access to employment in the social economy, rather than to estimate causal relationships or measure the prevalence of individual barriers.

The analysis is subject to limitations arising from differences in national definitions and statistical coverage of the social economy. In addition, general indicators of poverty, social exclusion, and employment disadvantage do not directly measure access to jobs within social enterprises. The documentary approach also does not provide original evidence from vulnerable individuals, employers, or local service providers.

Consequently, the identified barriers are interpreted as analytical dimensions derived from the documentary review rather than as empirically measured determinants of employment outcomes.

© 2026 ISARC Academy

4. RESULTS

The Scale of the Social Economy and Its Employment Contribution

The available European data indicate that the social economy represents a significant source of economic activity and employment. According to the European Commission, Europe has approximately 2.8 million social economy entities and enterprises, employing around 13.6 million people. The sector includes different organisational forms and operates across multiple economic fields, contributing to employment creation and social inclusion.

Available estimates for Romania indicate approximately 6,000 social economy entities and more than 19,000 employees in 2019 (European Commission, n.d.). These figures suggest a smaller recorded scale of social economy activity in Romania, although differences in statistical definitions and coverage limit direct comparisons with European aggregates. Other estimates cited in the literature and institutional sources indicate that the contribution of the social economy to paid employment varies considerably across European countries. These figures provide a general indication of the sector's scale, but they should be interpreted cautiously because the national estimates and European aggregates do not necessarily refer to the same year, geographical coverage, or statistical definitions.

Table 1. Social Economy and Employment: European and Romanian Figures

Indicator	**Europe / EU**	**Romania**
Social economy entities	Approximately 2.8 million	Approximately 6,000
People employed	Approximately 13.6 million	More than 19,000
Share of paid employment	Estimates vary by source and coverage; around 6.3% in the EU figure cited in this study	Below 2% in the estimate cited in this study

Sources: European Commission (2021, 2025) and European Commission (n.d.). European estimates of the number of entities and employees are based on the 2021 source, while employment-share estimates refer to 2023. Romanian figures for the number of entities and employees refer to 2019. Differences in reference periods, geographical coverage, and statistical definitions limit direct comparability.

Table 1 highlights the scale of the social economy at the European level and its comparatively limited presence in Romania, although differences in statistical coverage and reference periods restrict direct comparisons. While these figures provide an overview of the sector's employment contribution, they do not indicate the extent to which vulnerable groups benefit from these opportunities or the barriers they may face in accessing them.

Poverty and Social Exclusion in Romania and the European Union

The second set of results concerns the broader social context in which employment inclusion takes place. The at-risk-of-poverty-or-social-exclusion rate (AROPE) captures the share of the population experiencing at least one of three conditions: risk of poverty, severe material and social deprivation, or living in a household with very low work intensity.

According to Eurostat, in 2025, 20.9% of the EU population was at risk of poverty or social exclusion, compared with 27.4% in Romania. Romania's rate was therefore 6.5 percentage points above the EU average. Among EU Member States, Romania recorded one of the highest rates, behind Bulgaria and Greece.

Table 2. People at Risk of Poverty or Social Exclusion (AROPE), 2025

Geographical area	**Population at risk (%)**
European Union	20.9
Romania	27.4

© 2026 ISARC Academy

Difference (Romania – EU)	+6.5 percentage points

Source: Eurostat (2026a), 20.9% of people at risk of poverty or social exclusion, 2025 data, dataset ilc_peps01n.

The comparison indicates a higher level of social vulnerability in Romania than in the EU as a whole. The difference is relevant to the study because poverty and social exclusion form part of the wider context in which access to stable employment and social support must be considered.

Nevertheless, AROPE is a general social indicator rather than a direct measure of employment in social enterprises. It does not identify how many people at risk of poverty or social exclusion obtain jobs through the social economy, nor does it measure the effectiveness of employment-integration programmes. The results therefore establish the broader context for the study without demonstrating a direct causal relationship between the size of the social economy and national poverty rates.

Findings from the Documentary Review: Barriers to Employment Inclusion

The review of policy documents and academic literature identifies three interconnected dimensions relevant to access to employment in the social economy: information and visibility, communication and accessibility, and institutional coordination. These dimensions provide a framework for organising the findings from the documentary analysis; they are not quantitative measures obtained from a new survey.

Information and visibility. The reviewed material highlights the importance of making employment opportunities and support services visible to potential applicants. Where information about vacancies, eligibility criteria, available assistance, or recruitment procedures is difficult to find or understand, vulnerable individuals may have fewer opportunities to identify suitable positions and navigate the application process. The visibility of social enterprises and their employment-integration activities is therefore a relevant condition for access.

Communication and accessibility. Access to employment may also depend on whether recruitment information and procedures are understandable and accessible to people with different needs and circumstances. Communication barriers can arise when information is not adapted to applicants' situations or when the steps required to apply for a position are difficult to navigate. The literature reviewed for this study also emphasises the importance of employment support that responds to the needs of individuals facing disadvantages in the labour market.

Institutional coordination.

Employment inclusion often involves several types of organisations, including social enterprises, public employment services, local authorities, and community or social-service organisations. The documentary review indicates that cooperation between these actors is an important consideration when examining pathways into employment. Coordination can help connect individuals with information, guidance, and support, while fragmented provision may make it more difficult to navigate available services.

Taken together, these findings suggest that employment inclusion cannot be examined solely through the number of social economy organisations or the sector's share of employment. The accessibility of information, the clarity of communication, and the relationships between organisations are also relevant dimensions for understanding how employment opportunities can be reached by vulnerable groups.

Summary of Results

The results present three main findings. First, the social economy represents a substantial source of employment at the European level, although the available figures for Romania indicate a smaller sector and cannot be compared with European estimates without accounting for differences in reference periods and definitions. Second, Romania's AROPE rate in 2025 was higher than the EU average, demonstrating a more pronounced national context of poverty and social exclusion. Third, the

© 2026 ISARC Academy

documentary review identifies information and visibility, communication and accessibility, and institutional coordination as key dimensions for examining barriers to employment inclusion.

These findings provide the basis for the following discussion, which considers how these dimensions may affect access to employment, the role of local actors, and the limitations of the available evidence.

5. DISCUSSION

Informational Barriers and the Visibility of Employment Opportunities

The findings highlight the importance of examining employment inclusion beyond aggregate indicators of social economy activity. While the number of organisations and employees provides an indication of the sector's economic contribution, it offers limited insight into the accessibility of employment opportunities for vulnerable groups. This distinction suggests that assessments of the social economy's inclusive potential should also consider how employment information is disseminated, how recruitment procedures are communicated, and whether appropriate support is available to prospective applicants.

From an employment-inclusion perspective, fragmented information may create an additional obstacle between the availability of jobs and their effective accessibility. This is particularly relevant for vulnerable jobseekers who may depend on employment services or community organisations to identify suitable opportunities and navigate recruitment procedures. This issue is particularly relevant where individuals also require guidance or assistance to navigate employment services.

Social enterprises can contribute to reducing these difficulties by communicating their vacancies clearly and making information about recruitment and workplace support accessible. However, the extent to which these measures improve employment outcomes cannot be established from the documentary evidence analysed in this study. The findings identify a relevant issue for practice rather than demonstrate a measured effect.

Communication and Accessibility in the Employment Process

Communication and accessibility emerge as complementary dimensions of employment inclusion. Even when vacancies are publicly advertised, differences in digital skills, accessibility needs, or familiarity with recruitment procedures may influence individuals' ability to participate effectively in the application process. Where these processes are not sufficiently accessible, formal employment opportunities may remain difficult to reach for some vulnerable individuals.

The role of social enterprises is relevant because employment inclusion may require approaches that take account of individual circumstances and different support needs. Clear recruitment information, understandable procedures, and communication adapted to applicants can help make the employment process more accessible. Cooperation with organisations that provide social support or employment guidance may also help individuals understand available options.

Nevertheless, the reviewed evidence does not allow the study to determine which communication barriers are most prevalent, how frequently they occur, or how strongly they affect employment outcomes in Romania. These questions would require additional empirical research involving vulnerable jobseekers, social enterprises, and employment-support professionals.

Institutional Coordination and the Role of Local Actors

Employment inclusion often depends on interactions between social enterprises, public employment services, local authorities, and community organisations. Each actor may provide different forms of support, including information about vacancies, employment guidance, social assistance, or links with local employers. The findings suggest that institutional coordination is therefore an important dimension in understanding how vulnerable individuals can access employment opportunities.

Institutional cooperation may help address gaps between employment opportunities and the support needs of vulnerable jobseekers. In particular, local partnerships could facilitate information exchange,

© 2026 ISARC Academy

coordinated referrals, and more accessible pathways between social enterprises, public employment services, and community organisations. Social enterprises may contribute by offering employment opportunities, while public and community organisations may help individuals identify and navigate those opportunities.

However, the existence of multiple organisations does not automatically ensure effective coordination. Differences in responsibilities, procedures, and priorities may complicate the process of obtaining support. The present study identifies institutional coordination as a relevant issue in the literature and policy material, but it does not measure the quality of cooperation between Romanian institutions or compare the performance of specific local partnerships.

Romania in the European Context

The statistical results provide two complementary elements of context. First, the available estimates indicate that the social economy has a substantial employment presence in Europe, while the Romanian figures cited in this study suggest a smaller sector. Second, Romania's at-risk-of-poverty-or-social-exclusion rate in 2025 was 27.4%, compared with 20.9% for the European Union. This difference of 6.5 percentage points indicates a more pronounced context of social vulnerability in Romania.

In the Romanian context, the combination of relatively limited recorded social economy activity and a higher-than-average risk of poverty or social exclusion reinforces the relevance of examining inclusive employment pathways. Nevertheless, these indicators describe different dimensions of the socioeconomic environment and do not establish a causal relationship between the development of the social economy and national poverty levels. The indicators refer to different aspects of the social and economic context, and the available data do not demonstrate a direct causal relationship between them.

The comparison also requires caution because the estimates concerning the number of social economy entities and employees do not necessarily share the same reference year, geographical coverage, or statistical definitions. They are useful for illustrating the broad context, but they should not be interpreted as a fully harmonised comparison of national performance.

Implications for Employment-Inclusion Practice

The discussion points to three areas that merit attention in policies and practices intended to improve employment inclusion.

First, information about employment opportunities and support services should be clear, accessible, and easy to locate. Better visibility may help potential applicants understand what opportunities exist and how they can access them.

Second, recruitment and communication processes should take account of the circumstances of vulnerable jobseekers. Accessible information and clear procedures are relevant considerations for social enterprises and organisations involved in employment support.

Third, cooperation between social enterprises, public employment services, local authorities, and community organisations should be considered when designing employment-inclusion initiatives. Clear responsibilities and effective referral pathways may help individuals navigate the support available to them.

These implications follow from the dimensions identified in the documentary review. They should be understood as areas for policy and organisational attention, rather than as interventions whose effectiveness has been tested by the present study.

Limitations of the Study

Several limitations should be considered when interpreting the findings. First, the study relies on secondary statistical data, institutional publications, policy documents, and academic literature. It does not include original interviews, surveys, or observations involving vulnerable jobseekers, social enterprises, or employment-service providers. Consequently, the analysis cannot establish how individuals experience particular barriers in practice or how frequently these barriers occur.

© 2026 ISARC Academy

Second, the statistical information on the social economy varies in terms of definitions, geographical coverage, and reference periods. The European and Romanian figures presented in the results section should therefore be treated as indicative rather than as directly comparable measures. Differences in statistical coverage may affect the interpretation of the sector's relative size.

Third, the AROPE indicator measures a broader condition of poverty and social exclusion; it does not directly measure access to employment in social enterprises. The observed difference between Romania and the EU average cannot, on its own, explain the causes of social vulnerability or establish the contribution of the social economy to reducing it.

Finally, the informational, communicational, and institutional dimensions were derived from the documentary analysis. They were not measured through a dedicated empirical instrument, and the study does not estimate their individual effects on employment outcomes. Future research could address these gaps through interviews with vulnerable jobseekers and social enterprises, case studies of local partnerships, and more consistent national data on employment within the social economy.

Overall, the findings provide a descriptive basis for discussing the relationship between the social economy and employment inclusion. Their main contribution is to connect the broader statistical context with three dimensions relevant to access—information, communication, and institutional coordination—while recognising that their prevalence and effects require further empirical investigation.

6. CONCLUSIONS

This study examined the potential contribution of the social economy to the labour market inclusion of vulnerable groups, focusing on the informational, communication-related, and institutional barriers that may restrict access to employment opportunities. Drawing on secondary statistical data and a documentary review, the analysis connected the broader European and Romanian context with the conditions shaping access to employment within social enterprises.

The findings indicate that the social economy represents a significant source of employment at the European level, although the available figures suggest a more limited scale in Romania. At the same time, Romania's at-risk-of-poverty-or-social-exclusion rate in 2025 exceeded the European Union average. These indicators highlight the relevance of employment-inclusion policies in the Romanian context, but they do not establish a direct causal relationship between the size of the social economy and levels of poverty or social exclusion.

The documentary analysis identified three dimensions relevant to access to employment: information and visibility, communication and accessibility, and institutional coordination. The availability of employment opportunities does not necessarily guarantee that vulnerable individuals can identify, understand, and access them. Clear information, accessible recruitment processes, and cooperation between social enterprises, public employment services, local authorities, and community organisations may therefore be important considerations in the development of inclusive employment pathways.

The study also highlights the need to distinguish between the potential contribution of the social economy and its demonstrated effects. Although the reviewed literature and policy documents identify relevant conditions for employment inclusion, the available evidence does not establish the prevalence of specific barriers or measure their individual impact on employment outcomes in Romania. Differences in statistical definitions, geographical coverage, and reference periods also limit direct comparisons between European and Romanian figures.

From a policy and practical perspective, strengthening the visibility of social economy employment opportunities, improving the accessibility of recruitment information, and encouraging cooperation among local actors are relevant areas for further attention. These efforts should be accompanied by better data collection and evaluation so that policies can be assessed on the basis of their actual contribution to employment inclusion.

© 2026 ISARC Academy

Future research could build on the present study through interviews with vulnerable jobseekers, social enterprises, and employment-support professionals, as well as case studies of local cooperation initiatives. Such research would help establish how barriers are experienced in practice, how support systems operate, and which approaches are most effective in improving access to sustainable employment.

Overall, the study highlights that the inclusive potential of the social economy depends not only on its capacity to generate employment but also on the accessibility of the pathways connecting vulnerable individuals with available opportunities. Improving information dissemination, recruitment accessibility, and institutional cooperation may therefore contribute to more inclusive employment practices. Further empirical research is needed to assess the effectiveness of these mechanisms and their contribution to sustainable labour market integration in Romania.

REFERENCES

Council of the European Union. (2023). *Council Recommendation of 27 November 2023 on developing social economy framework conditions (C/2023/1344).* Official Journal of the European Union. https://eur-lex.europa.eu/eli/C/2023/1344/oj

European Commission. (2021). *Building an economy that works for people: An action plan for the social economy* (COM(2021) 778 final). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0778

European Commission. (2023). *Proposal for a Council Recommendation on developing social economy framework conditions* (COM(2023) 316 final). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52023DC0316

European Commission. (2025). *The share of persons employed in the social economy varies across EU Member States.* https://publications.europa.eu/resource/cellar/f4c9de86-ca20-11f0-8da2-01aa75ed71a1.0001.03/DOC_1

European Commission. (n.d.). *Romania.* EU Social Economy Gateway. https://social-economy-gateway.ec.europa.eu/my-country/romania_en

Eurostat. (2026a, April 30). *20.9% of people at risk of poverty or social exclusion.* https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/w/ddn-20260430-1

Eurostat. (2026b). *The employment gap between people with and without disabilities amounted to 24.2 percentage points in 2025.* https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/SEPDF/cache/63139.pdf

Martinho, A. L. (2024). Challenges and dilemmas faced by labor market integration support providers in Portugal. *Socialinė teorija, empirija, politika ir praktika, 28*, 36–53. https://doi.org/10.15388/STEPP.2023.27.11

OECD. (2023). *What is the social and solidarity economy? A review of concepts* (OECD Local Economic and Employment Development (LEED) Papers No. 2023/13). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/dbc7878d-en

Yurrebaso, G., Arostegui, I., & Villaescusa, M. (2023). Transition from work integration social enterprises to ordinary employment in situations of low employability: Results of an intervention programme. *Social Enterprise Journal*, *19*(5), 502–518. https://doi.org/10.1108/SEJ-11-2022-0109

© 2026 ISARC Academy

SOCIAL HEALTH IMPLICATIONS OF SKIN BLEACHING AMONG RESIDENTS OF NASARAWA STATE, NIGERIA

DOROTHY AKPOVYE BAGE-JOHN

Department of Sociology, Faculty of Social Sciences, Federal University of Lafia, Nasarawa State, Nigeria

ABSTRACT

Complexion, beauty and good looks are yardsticks for defining social relationships, acceptance and approval in our society. This has lead old and young, rich and poor, male and female genders into changing their complexions, through bleaching. This research was anchored on four research questions as follows: Why do people bleach their skin? How do people perceive those who bleach their skin? What are the health hazards of skin bleaching? Which gender bleaches most? Both quantitative and qualitative techniques were used. The study used the community-based cross-sectional design. Both primary and secondary data were collected and analyzed. Yamane's formula was used to determine the sample size of 204 respondents and administered questionnaires. In addition, purposive sampling was used to select 40 interviewees (5 per ward) for In-depth Interview (IDI). The study was situated in 2 theories: Rational Choice and Reasoned Action. Data were analyzed and findings revealed that skin bleaching has both negative and positive health implications on individuals and society, the female gender bleaches more than their male counterparts and those who do not engage in skin bleaching perceive those who bleach both negatively and positively. The study recommends health enlightenment programs on the health hazards of skin bleaching at Local, State and Federal Government levels by Health Personnel, Social Workers, Sociologists and Psychologist, to enhance the wellbeing of individuals and society.

Key words: Health, Skin-Bleaching, Complexion, Gender, Beauty

1.0 INTRODUCTION

Human beings can generally spend their last dime to look physically good and more attractive. Beauty 'they say' "lies in the eyes of the beholder", and skin colour is often regarded as a criteria for defining beauty. Skin bleaching has been an age-long practice among the young and old in different parts of the World, Africa, Nigeria and Nasarawa State, which is our focus. This common practice is found among the wealthy, who can afford very expensive creams and soaps for bleaching; and the poor who use cheap and affordable chemicals, such as relaxers, and creams and soaps. The practice is not determined by age, as both the young and old engage in such practices, neither is it a product of level of education, as observation shows that both educated and uneducated bleach their skins. Also, gender does not define it, as it is observed to be a common practice among the male and female genders, especially in Nasarawa State. The hot weather in Nasarawa State tends to fast tract the skin bleaching process, bringing out the desired complexion within a short period of time, with less effort, compared to cold regions. We construe society differently, due to the fact that our feelings, thoughts, mind-set, imaginations, and all other mental processes are unique to us and differentiate us, and our actions from that of others. This explains the fact that people have divergent views and actions about and towards those who bleach their skin.

Skin bleaching comes under names like skin-lightening or skin whitening. It involves using creams, soaps or pills to achieve a lighter skin tone. These practices are common amongst non-white populations and are triggered by cosmetic reasons proofed in low self-esteem considerations (Oluka, 2022). Both men and women bleach their skin, men who use bleaching creams, understand that most women like light-skinned men, so they bleach to attract them. Artificial pink lips commonly called "sexy pink lips", is common among both men and women. The skin bleaching program has continued to grow into a multi-billion-dollar business worldwide, with millions of people in many countries using the products to alter their complexion, especially in Nigeria, in the name of organic soap and cream (Oluka, 2022).

© 2026 ISARC Academy

Nigerian women have been ranked as the highest users of skin bleaching creams in Africa (World Bank, Cited by Agbo, 2025).

Many reasons have been adduced as to why people bleach their skin, including self-identity, self-esteem, and the desire to look "more beautiful and more attractive in the eyes of their potential partners. Wives engage in bleaching in order to maintain their husbands out of fear that those ladies that bleach might snatch their spouse away. Hard earned income is therefore spent on harmful bleaching products (Usman, 2022). In Africa, there seem to have been a close association between lighter skin colour and beauty and attractiveness. In addition, the contribution of the transatlantic slave trade and colonialism is a motivation for skin bleachers (Barja, Berdeal & Vares, 2010). You rarely see an advert, billboard or poster for a beauty or skincare product with a dark- skinned-toned model. Light skin will always be seen as superior, especially with the way most brands portray it. In many African societies, lighter-skinned women are considered more successful and likely to find marriage. Fairness of the skin carries more advantage of being more confident, sexy and attractive to men (Oluka, 2022).

Nasarawa State is located in central Nigeria; it was created out of Plateau State on 1st October, 1996, by the Military government of General Sani Abacha. It is bounded in the north by Kaduna State, in the west by the Federal Capital Territory (Abuja), in the south by Kogi and Benue States and in the east by Taraba and Plateau States. The state has 13 Local Government Areas and these are: Awe, Akwanga, Doma, Karu, Keana, Keffi, Kokona, Lafia, Nasarawa, Nassarawa Eggon, Obi, Toto, and Wamba (nasarawastate.com.ng/29/10/2013).

1.1 Research Problem, Questions and Objectives

According to a World Bank document, a recent meta-analysis found that 27.1% of Africans practice skin bleaching. An analysis of 68 studies revealed that individuals aged 30 and under, had the highest skin bleaching prevalence in 55.9%, followed by those aged 31-49 and 25.9% (World Bank, Cited in Agbo, 2025). A research obtainable under the National Center for biotechnology (NCBI), a part of the United Nations National Library of Medicine (NLM) reveals that skin bleaching has been associated with a variety of known adverse health effects like dermatitis, exogenous ochronosis, steroid acne, kidney disorder and even cancer. These health conditions are linked to harmful active harmful ingredients found in most skin-lightening products. When a product containing harmful ingredients like hydroquinone is applied to the skin, it decreases the concentration of melanin in the skin .Melanin is a pigment that helps protect the skin from harmful ultra-violet rays. It also gives the skin its colour. When melanin production decrease, it reduces skin protection and puts the skin at a greater risk of developing certain skin cancers. Another active ingredient in skin lightening products is mercury, a toxic heavy metal. It may appear on products labels, under names like Hg, Mercury Oxide, Mercury Iodide, Ethyl Mercury, Mercurous Chloride, or Phenyl-Mercuric Salts (Oluka, 2022). One major focus of this research found out why people bleach their skin.

Medical News Today, a health Information Site in the United States, discloses that people who use mercury-containing products on their skin may develop skin rashes, skin discolouration anxiety, depression, phychosis, reduced resistance to skin infections, and kidney damage. This occurs with increased exposure, mecury can cause death. Worthy of note is the fact that not all manufacturers list their ingredients transparently. When a product label contains instructions to avoid contact with metal jewelries, that can be a warning sign indicating the presence of mercury (Oluka, 2022). This research focused on the social health effects of skin bleaching in Nasarawa State, Nigeria.

Whether from the perspectives of the Black folks or from those of whites, our communal voyeurism into skin bleaching tends to focus almost solely on the individuals who beach their skin, and not the global institutions that make skin bleaching a viable option. The value bestowed white skin in its presumed connection to whiteness reflects the extent to which the entire society continues to privileged whiteness (Team Ebony, 2016). With our skin colour being the immutable mark of our Blackness, skin bleaching stands as the most egregious attack on our identity, the most literal champion of White supremacy. Most of these skin bleaching products are manufactured in Europe. Where the active ingredients have been

© 2026 ISARC Academy

banned from use, not manufacture (Team Ebony, 2016). What are the social health hazards of skin bleaching?

Ghana banned skin bleaching products containing hydroquinone, but enforcement is low priority. Ghana Food and Drug Board already banned the import, distribution and use of products containing hydroquinone in excess of 2% concentration in 1995 and reviewed prohibition to 0% in 2005. Likewise the barn, in the United States. Chemical hair relaxers, products that include ingredients similar to the ingredients in many bleaching agents, are placed on our scalps, underneath which lie our brains. Could it be that we continue to seek social acceptance, based upon what it means to look "civilized" in the eyes if the rest of the "civilized" world? (Team Ebony, 2016). This research focused on skin bleaching in Nasarawa State, Nigeria.

A new skin-bleaching procedure that is catching on is the intravenous application of glutathione- a natural antioxidant produced by the liver which can also be obtained in the form of antioxidant supplements tablets. Skin care companies in some African countries are increasingly using glutathione to appeal to pregnant women, aiming to lighten the skin of their babies in the womb. This is the result of the growing demand for light skinned babies. Some come as injectable, which are all dangerous, because even the consumptions of the injectable are unknown (Oluka, 2022).

In Nigeria, skin lightening creams are not effectively regulated. A study from the international Journal of Women's Dermatology published in CNN in January 2022 shows that in Africa, a staggering 75% of Nigerian women bleach their skin. This is closely followed by Senagal (60%), Mali 50% and Ghana 30%. The skin bleaching propaganda became so negative; the cosmetic industry players had to come up with "toning", since "bleaching sounded too harsh". Also, makers of skin –bleaching products have learnt to introduce the term "organic" on their labels (Oluka, 2022). This research unveils which gender bleaches more in Nasarawa State, Nigeria. Skin bleaching has many health implications. This study unveiled the reasons why people bleach their skin, the perception of others, towards people who engage in skin bleaching and about skin bleaching and how the social, physical and mental wellbeing of people can be affected as a result of skin bleaching. The following questions were therefore answered: 1. why do people bleach their skin? 2. How do people perceive those who bleach their skin? 3. What are the social health hazards of skin bleaching? 4. Which gender bleaches more?

Generally, this study found out the social health implications of skin bleaching among residents of Nasarawa State, Nigeria. Specifically, it: 1. inquired why people bleach their skin. 2. explained how people perceive those who bleach their skin 3. Identified the social health hazards of skin bleaching? 4. found out which gender bleaches more.

2.0 THEORETICAL FRAMEWORK

2.1 Rational Choice

The rational choice theory will help explain why people make certain choices in life upon weighing costs, benefits, and risks. The theory further proposes all the choices made by people are rational due to the fact that they calculate the costs and benefits prior to making a decision even the irrational choices. Through this theory you can comprehend the client's decision making process and what has motivated him or her to decide so and based on what rational preference the decisions have been made.

2.2 Theory of Reasoned Action (TRA)

The Theory of Reasoned Action (TRA) was first developed in the late 1960s by Martin Fishbein and revised and expanded by Fishbein and Icek Azjen (Fishbein and Ajzen, 1975) in the decades that followed. It is a theory that focuses on a person's *intention* to behave in a certain way. The aim of the TRA is to explain volitional behaviours. Its explanatory scope excludes a wide range of behaviours such as those that are spontaneous, impulsive, habitual, the result of cravings or simply scripted or mindless (Bentler & Specter, 1970; Langer, 1989). In 1935, Gordon W. Allport theorized that the attitude-

© 2026 ISARC Academy

behaviour relationship was not uni-dimensional as previously thought, but multi-dimensional. Attitudes were viewed as complex systems made up of the person's beliefs about the object, his feelings toward the object and his action tendencies with respect to the object. Rosenberg and Hovland in 1960 theorized that a person's attitude toward an object is filtered by their affect, cognition and behaviour. In 1969, Wicker conducted an extensive survey and literature review on the subject and he determined "it is considerably more likely that attitudes will be unrelated or only slightly related to overt behaviors than that attitude will be closely related to actions" (Ajzen & Fishbein, 1980:p.25).

As a result of these developments, Fishbein and Ajzen joined forces to explore ways to predict behaviours and outcomes. They assumed that individuals are usually quite rational and make systematic use of information available to them. "People consider the implications of their actions before they decide to engage or not engage in a given behaviour" (Ajzen & Fishbein, 1980:5). After reviewing all the studies, they developed a theory that could predict and understand behaviour and attitudes. Their framework, which has become known as the Theory of Reasoned Action, looks at behavioural intentions rather than attitudes as the main predictors of behaviours. As the Theory of Reasoned Action began to take hold in Social Sciences, Ajzen and other researchers realized that this theory was not adequate and had several limitations (Godin & Kok, 1996). One of the greatest limitations was with people who have little (or feel they have little) power over their behaviours and attitudes.

The Theory of Reasoned Action (TRA) questions the reasons behind behaviour. It is from behaviour that relationships are established, power is determined, hatred or love ensues. Issues of power differentials, where it is assumed that women should only be seen not heard, become obvious, even when both gender have the same moral capacity. The above theory has questioned the reasons behind actions and behaviours in gender relations, but since its explanatory scope excludes a wide range of behaviours such as those that are spontaneous, impulsive, habitual, the result of cravings or simply scripted or mindless, it did not clearly explain gender relations in terms of the patriarchal nature of the society, thus the need for another supporting theory to cover for its inadequacy.

3.0 METHODOLOGY

This study used the community-based cross-sectional design. These research designs were chosen because the researcher was interested in knowing and explaining the confidential details of a large number of people. Both quantitative and qualitative techniques were used. Both primary and secondary data were collected and analyzed. Yamane's formula was used to determine the sample size of 204 respondents and administered questionnaires. In addition, purposive sampling was used to select 40 interviewees (5 per ward) for In-depth Interview (IDI). A self-administered questionnaire with a closed-ended format was utilized. It was divided into two sections: Part A collected socio-demographic details such as name, gender, and age, while Part B addressed key topics related to the study. The questionnaires were completed by selected adults resident in each of the 13 LGAs. Data collected from the questionnaires were organized into frequency tables and analyzed using frequency distributions and percentages. Percentages were used to represent demographic statistics and response trends, with SPSS version 22 employed for the analysis. Qualitative data were examined through manual content analysis, highlighting the perspectives and insights shared by interviewees. The study prioritized the safety and well-being of all participants. Ethical principles such as honesty, objectivity, respect, caution, confidentiality, transparency, and non-discrimination were upheld. To ensure anonymity, respondents' names were not included in the questionnaires or interview records, and all documents were securely stored to prevent unauthorized access. Research assistants were responsible for obtaining participants' consent by clearly explaining the study's benefits to them.

The study was carried out in Lafia Local Government Area, one of the 13 Local Governments in Nasarawa State, Nigeria. It is the state capital, situated in the central part of Nasarawa State. It is bordered by Kokona LGA to the north, Akwanga LGA to the east, Doma and Keana LGAs to the south, and Nasarawa and Toto LGAs to the west. The wards include Lafia East, Lafia North, Lafia South, Lafia West, and others. The economy is predominantly agrarian, with farming being the primary occupation

© 2026 ISARC Academy

of the residents. Crops such as yam, maize, millet, cassava, and rice are cultivated in the area. Livestock rearing and trading also contribute to the local economy. Additionally, Lafia, as the state capital, has some commercial and administrative activities. It has basic infrastructure and services such as schools, healthcare facilities, markets, and road networks. The Lafia township area has more developed infrastructure compared to the rural areas within the LGA. The population of Lafia Local Government Area according to the 2024 population projection by NBS at 3.3% population growth per annum was 546,000. Out of this figure, 331,000 are from 18 years and above while 215,000 are below 18 years (NBS, 2024 population projection). Majority of this population is found in the semi-urban settlements of Lafia Local Government Area.

Yamane's (1967) formula for determining sample size was applied in this study. According to the formula, for a population exceeding 100,000, a sample size of 204 was appropriate at a ±0.07% significance level. The adult population of Lafia LGA was estimated at 215,000, with a precision level of ±7%.

Thus, see the formula below

$$n = \frac{N}{1 + N(e)2}$$

Where:

n = sample size

N = Total population

$(e)^2$ = Margin of error (0.07)

1 = Unity (a constant)

Where:

N = 215,000

$(e)^2$ = 0.07%

n =?

Therefore

$$n = \frac{215{,}000}{1+215{,}000\ (0.07)2}$$

$$n = \frac{215{,}000}{1+215{,}000x0.0049}$$

$$n = \frac{215{,}000}{215{,}001\ \text{x}\ 0.0049}$$

$$n = \frac{215{,}000}{1{,}053.5049}$$

n =204

In addition to the 204 respondents, IDI was carried out with 40 interviewees (5 per ward). This brings the total population to 244 participants. A multi-stage sampling technique was applied in selection of respondents in this study. Lafia LGA consists of multiple wards, each with varying socio-economic characteristics. The first stage involved using cluster sampling to select a representative number of wards. Given the diverse population, five wards were selected using simple random sampling to ensure a fair representation of urban, semi-urban, and rural communities. This helped capture variations in the perception of skin bleaching across different settings. Stage two included the selection of households; within the selected wards. After identifying households, the study focused on selecting respondents who met the study age criteria of 15 years and above. Since each selected political ward had a different population size, we determined the number of respondents from each political ward thus:

© 2026 ISARC Academy

S/N	Political wards	Adult Population	Size	Total
1.	Zanwa	19,000	19,000 / 93,000 x 204 / 1	42
2.	Shabu/kwandere	24,000	24,000 / 93,000 x 204 / 1	53
3.	Gayam	21,000	21,000 / 93,000 x 204 / 1	46
4.	Assakio	13,000	13,000 / 93,000 x 204 / 1	28
5.	Bakin Rijiya/akurba/sarkin Pada	16,000	16,000 / 93,000 x 204 / 1	35
		Total. 93,000		**204**

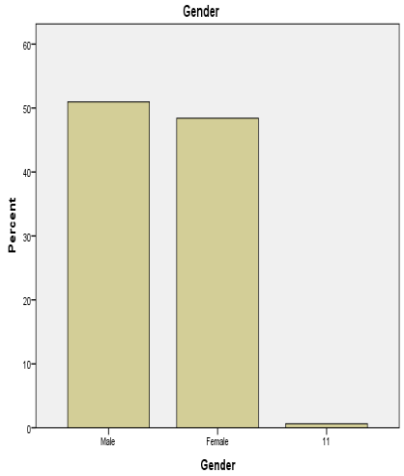
Source: Author compilations 2025

A proportional sampling method was used to select 42 participants from Zanwa ward, 53 from Shabu/Kwandere, 46 from Gayam ward, 28 from Assakio ward, and 35 from Bakin Rijiya/Akurba/Sarkin Pada ward, totaling 204 respondents. The researcher engaged three research assistants and provided them with training on the study's subject matter. A recorder was used to document the interview sessions with permission from participants.

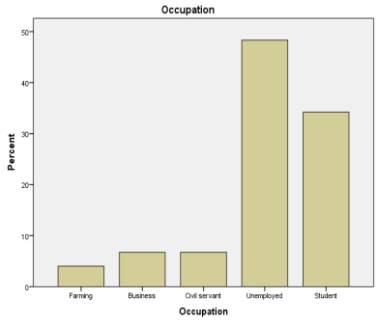
4.0 RESULTS AND DISCUSION OF FINDINGS

Out of 204 questionnaires administered, only one hundred and sixty five (165) were retrieved and properly filled. Therefore, the analysis is based on that, alongside data from the 40 interviewees.

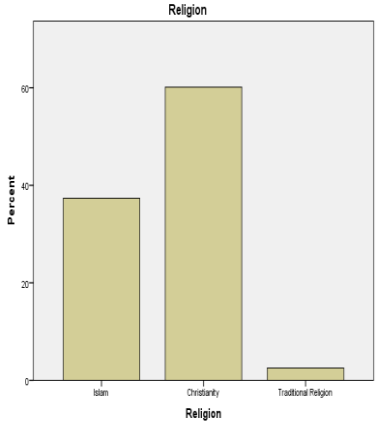
SECTION A: SOCIO-DEMOGRAPHIC DATA OF RESPONDENTS



From the gender perspective, 50% are male respondents, while 47.5% were females. This implies that majority of the respondents were males, while majority of the interviewees were females, in order to have a gender balance.

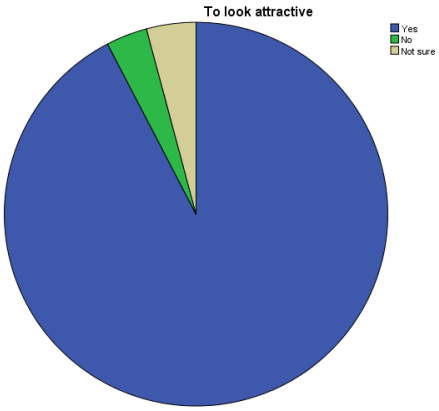


Majority of the respondents (45.0%) are unemployed, this shows the high rate of unemployment in the State. This was closely followed by a student population of 31.2% ,Civil Servants 6.3%, Business 6.3% and lastly faming (3.8) percent.



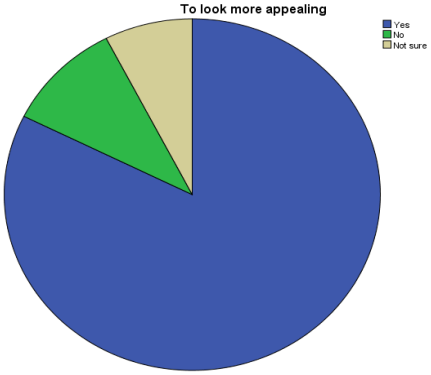
Majority of the respondents (59.4%) are Christians, while 36.9% are Muslims and 2.5% are traditional worshipers.

SECTION B: Why do People Bleach their Skin?

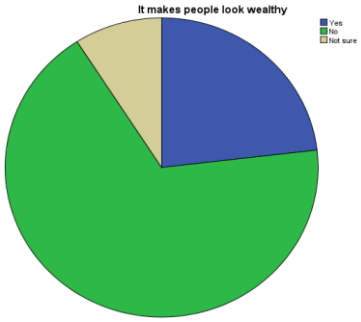


In response the question why do people bleach their skin, majority (83%) of the respondents opined that people bleach their skin in order to look attractive, 3.1 % disagreed, while 3.8% were not sure. This underscores the fact that many dark skinned people are dissatisfied with their complexion and want to be lighter in complexion. This also tells the fact that many people perceive light complexion as beautiful.

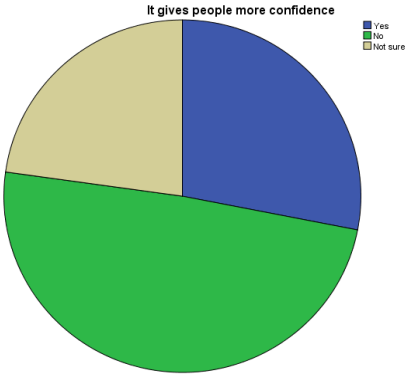
© 2026 ISARC Academy



Majority of the respondents (61.3%) opined that people bleach their skin to look more appealing, while 7.5% of the respondents disagreed to that view. This explains the desire for acceptance in people. An interviewee opined in support of this that People bleach their skin just to have a fair complexion. Most people are not comfortable with the normal black skin given by God, they prefer to bleach it. (Female, 30 years). Another interviewee said: People bleach because they want to be fair to attract men/women, and to also look beautiful (Female, 36 years). Also, People bleach their skin because they want to look more attractive to their opposite sex (Male, 31 years).

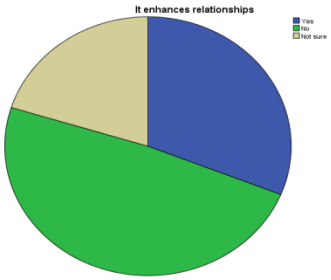


Majority of the respondents (51.3%) were of the view that skin bleaching does not make people look wealthy, while 17.5 opined that it makes people look wealthy and 6.9% were not sure. This tells that fair skin is not misconceived for wealth.

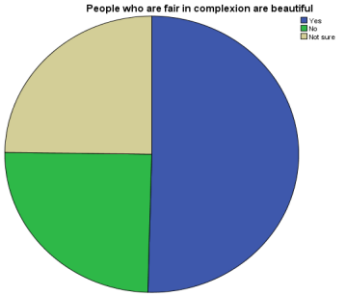


Also, majority of the respondents (35.0%) were of the view that skin bleaching gives people more confidence, while 20.0% of the respondent were of the view that it gives people more confidence and 16.3% were not sure. This explains that people who bleach their skin desire more attention. An interviewee supported this data, saying: People bleach their skin because of low self-esteem; they feel like they are not beautiful in their melanin skin (Female, 35 years).

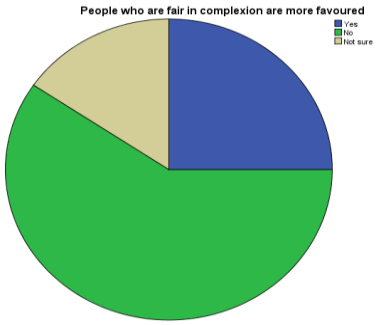
© 2026 ISARC Academy



In addition, majority of the respondents (36.3%) opined that skin bleaching enhances relationships, 23.1% disagreed and 15.0% were not sure. This explains the reality that people who bleach does so to attract people to them. To support this data, an interviewee said: People bleach to change the colour of their skin from dark to fair, and also, those who are fair would like to maintain their skin and also to increase their fairness (Male, 36 years). Another said: People bleach because they want to be fair to attract men/women, and to also look beautiful (Female, 36 years).

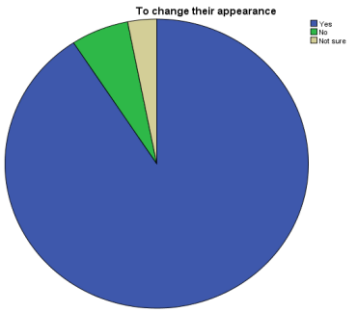


Furthermore, (36.9%) of the respondents opined that people who are fair in complexion are beautiful, while 18.1% objected, and 18.1% were not sure. This underscores the fact that fair skin if confused for beauty. People bleach their skin for the various reasons: one of the reasons is because they prefer to be fair in complexion. People bleach their skin due to peer influence and fashion. People bleach their skin especially ladies that like to be model because the fair complexion attracts the opposite sex. They like to look attractive (Male, 35 years).

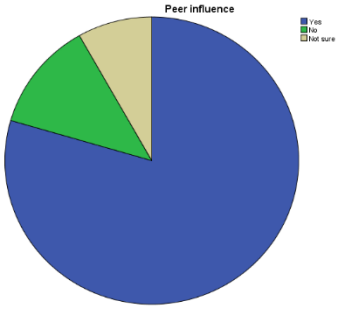


Majority of the respondents, (43.1%) disagree with the fact that People who are fair in complexion are more flavored. This unveils the fact that skin colour is not a good measure of favour. This finding disagrees with the findings of Oluka (2022), which states that in many African societies, lighter-skinned women are considered more successful and likely to find marriage (Oluka, C. 2022).

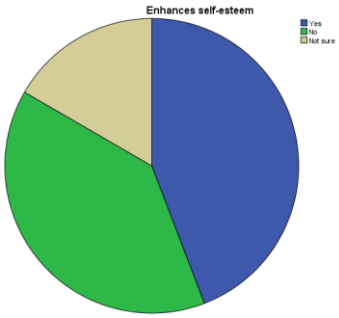
© 2026 ISARC Academy



Majority of the respondents, (73%) agreed that people bleach to change their appearance. In other words, they want to look more attractive. In line with these findings, an interviewee said People bleach their skin or change the colour of their skin to fairer colour because they want to look brighter, they feel they have the money to take care of themselves at will, to look like their peers or groups, and ignorantly sometimes, they buy soaps and creams without knowing the chemical contents (Female, 48 years).

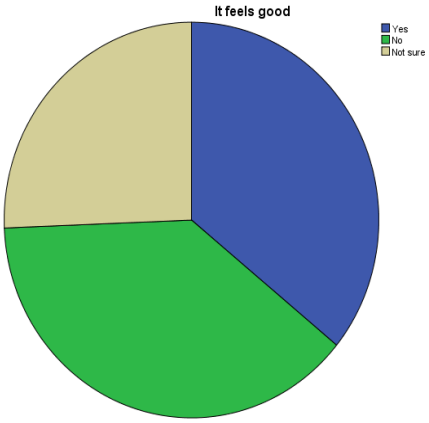


Majority of the respondents, (60.6%) agreed that people engage in skin bleaching as a result of peer influence. They may see their peers bleaching and want to be like them.



Majority of the respondents, (60.6%) agreed that skin bleaching enhances self-esteem. This implies that it gives them an unusual kind of confidence, knowing that they look attractive and beautiful. Some interviewees said: People bleach because of peer influence, fashion acceptance, to change their colour (Male, 40 years). Bleaching is mostly caused by low self-esteem. Other reasons are peer pressure, Aesthetic purposes, to be more attractive (Female, 29). This findings corroborates the findings of Oluka (2022), which stated that these practices are common amongst non-white populations and are triggered by cosmetics reasons proofed in low self-esteem considerations (Oluka, 2022). Fairness of the skin carries more advantage of being more confident, sexy and attractive to men (Oluka, C. 2022).

© 2026 ISARC Academy



Majority of the respondents, (28.1%) disagreed that it feels good to bleach because of the known side effects and cost implications. This finding unfolds the fact that people have variant reasons for practicing skin bleaching. In line with this, an interviewee said people bleach because they want to be like white men (Male, 45 years). Other interviewees supported, saying:

People bleach their skin to look more beautiful (Female, 30 years). People bleach their skin to look like the foreigners (Male, 26 years). Some people bleach their skin to look attractive (Female, 42 years). To look attractive and enhance body beauty (Female, 46 years). For beautification (Female, 35 years). They want to look good (Males, 44). They want to beautify themselves (Male, 50 years). People bleach their skin to look better than they are already. It usually occurs among dark-skinned people who want to have a fair skin (Female, 29 years). Because they want to look beautiful, fair in complexion, and attract attention (Male, 39 years). People bleach their skin in order for their skin colour to become light in complexion. (Male, 29 years). People bleach their skin to get a fair looking skin type; People believe fair skin makes them look more beautiful (Female, 45 years). Most people bleach because they want to look fair or lighter than their normal skin colour. Some bleach because they want to be celebrated especially our celebrities. Skin bleaching is also a societal demand (Female, 30 years). People bleach their skin because they belief lighter skin persons attract people to themselves, especially affection love (Male, 32 years). People bleach to look more beautiful in order to improve their confidence (Female, 50 years). People bleach because they want to be fair to attract men/women, and to also look beautiful (Female, 36 years).

Section C: Perception of People Who Bleach their Skin

This section discussed the perception of people who are engaged in skin bleaching. It covers questions about what others think and feel and how they relate with people who engage in skin bleaching.

They look irritating

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Yes	106	66.3	82.2	82.2
	No	7	4.4	5.4	87.6
	Not sure	16	10.0	12.4	100.0
	Total	129	80.6	100.0	
Missing	System	31	19.4		
Total		160	100.0		

Majority of the respondents (66.3%) said people who bleach look irritating. This is due to the obvious damages caused to their skin.

Females who bleach their skin are prostitutes

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Yes	24	15.0	20.2	20.2
	No	67	41.9	56.3	76.5
	Not sure	28	17.5	23.5	100.0
	Total	119	74.4	100.0	
Missing	System	41	25.6		
Total		160	100.0		

Most of the respondents (66.3%) disagree that females who bleach their skin are prostitutes. This implies that skin bleaching is not a yardstick for measuring prostitution.

Males who bleach their skin are womanizers

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Yes	39	24.4	33.6	33.6
	No	51	31.9	44.0	77.6
	Not sure	26	16.3	22.4	100.0
	Total	116	72.5	100.0	
Missing	System	44	27.5		
Total		160	100.0		

Majority of the respondents (31.9 %) disagree that male who bleach their skin are womanizers. This implies that skin bleaching is not a yardstick for measuring promiscuity.

They do not look natural

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Yes	116	72.5	91.3	91.3
	No	5	3.1	3.9	95.3
	Not sure	6	3.8	4.7	100.0
	Total	127	79.4	100.0	
Missing	System	33	20.6		
Total		160	100.0		

Majority of the respondent (72.5%) were of the opinion that people who bleach their skin look fake. This implies that they wear an artificial deceptive look.

Lack contentment

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Yes	103	64.4	79.2	79.2
	No	13	8.1	10.0	89.2
	Not sure	14	8.8	10.8	100.0
	Total	130	81.3	100.0	
Missing	System	30	18.8		
Total		160	100.0		

Most of the respondents (64.4%) opined that people who bleach their skin lack contentment. This implies lack of gratitude and satisfaction of themselves; it also unveils the fact that they wish they were someone else.

Lack confidence

© 2026 ISARC Academy

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Yes	82	51.3	65.6	65.6
	No	24	15.0	19.2	84.8
	Not sure	19	11.9	15.2	100.0
	Total	125	78.1	100.0	
Missing	System	35	21.9		
Total		160	100.0		

Majority of the respondents (51.3%) were of the view that people who bleach are lacking in self-confidence. This explains the fact that bleaching to look fair in complexion enhances their self-confidence.

Lack self-esteem

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Yes	78	48.8	66.1	66.1
	No	16	10.0	13.6	79.7
	Not sure	24	15.0	20.3	100.0
	Total	118	73.8	100.0	
Missing	System	42	26.3		
Total		160	100.0		

Majority of the respondents (48.8%) were of the view that people who bleach are lacking in self-esteem. This explains the fact that bleaching to look fair in complexion enhances their low self-esteem.

Look ugly

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Yes	58	36.3	50.4	50.4
	No	36	22.5	31.3	81.7
	Not sure	21	13.1	18.3	100.0
	Total	115	71.9	100.0	
Missing	System	45	28.1		
Total		160	100.0		

Majority of the respondents (36.3%) perceive people who bleach their skin as ugly. This implies that bleaching does not give people a naturally good look, but creates a false impression.

Look unserious

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Yes	59	36.9	49.2	49.2
	No	38	23.8	31.7	80.8
	Not sure	23	14.4	19.2	100.0
	Total	120	75.0	100.0	
Missing	System	40	25.0		
Total		160	100.0		

Also, majority of the respondents (36.9%) perceive people who bleach their skin as unserious people. This implies that they focus on things that are not important.

Are ignorant about nature

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Yes	75	46.9	68.8	68.8

© 2026 ISARC Academy

	No	20	12.5	18.3	87.2
	Not sure	14	8.8	12.8	100.0
	Total	109	68.1	100.0	
Missing	System	51	31.9		
Total		160	100.0		

Majority of the respondents (46.9%) perceive people who bleach their skin as people who are ignorant about nature. This implies that real beauty comes is not measured by outward appearance.

Are pretenders

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Yes	67	41.9	62.0	62.0
	No	21	13.1	19.4	81.5
	Not sure	20	12.5	18.5	100.0
	Total	108	67.5	100.0	
Missing	System	52	32.5		
Total		160	100.0		

Majority of the respondents (41.9%) perceive people who bleach their skin as pretenders. This implies faking of personality and not being ones true self.

Are immoral

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Yes	54	33.8	48.6	48.6
	No	31	19.4	27.9	76.6
	Not sure	26	16.3	23.4	100.0
	Total	111	69.4	100.0	
Missing	System	49	30.6		
Total		160	100.0		

Majority of the respondents (33.8%) perceive people who bleach their skin as being immoral. This implies that they do not practice what is right.

Are childish

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Yes	58	36.3	51.8	51.8
	No	31	19.4	27.7	79.5
	Not sure	23	14.4	20.5	100.0
	Total	112	70.0	100.0	
Missing	System	48	30.0		
Total		160	100.0		

Majority of the respondents (36.3%) perceive people who bleach their skin as being childish. This implies that their minds are focused on unserious things.

To support the data on perception of people who bleach their skin, the key informants had these to say:

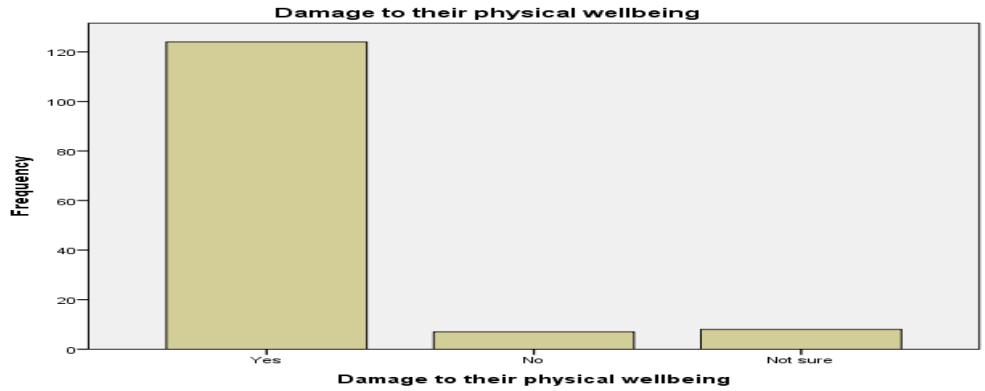
As good looking (female, 24 years). I perceive it as irritating, especially for men that bleach their skin (Female, 36 years). Some would like them as they bleach while others do not like them; I frown at such people because it is irritating. Some have a particular offensive odor (Male, 56 years). Their skin is not strong and can easily get injured (Male, 36 years). I perceive those that bleach their skin as womanizers or *ashawo* women because I believe they do that to attract each other for sex purposes (Male, 31 years). I consider those that bleach their skin as unnatural people, discontented, and those that want to be loved

© 2026 ISARC Academy

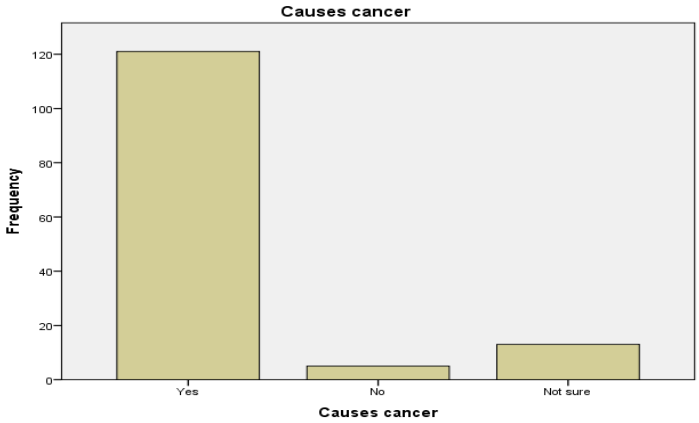
by others (Male, 32 years). I tell people who bleach that they have no sense of confidence about themselves and are very irritating (Female, 45 years). I see them as uneducated (Male, 62 years). Some of them are not religion conscious. Skin bleaching is also a waste of time. They mostly have body odour (Female, 30 years). I see it as social deviance (Female, 45 years). To attract the opposite sex, it irritates me (Male, 40 years). I perceive them as people with low self-esteem (Male, 29 years). I perceive those who bleach their skin as ugly (Female, 29). I see them as unserious women. (Male, 42 years). It causes damages to their physical wellbeing. It causes body odour and exposes such individual to skin cancer (Male, 46 years). Its result leads to social stigmatization (Male, 35 years). I am not comfortable with them (Males, 44). I perceive them as ignorant of nature, i.e. natural law (Male, 50 years). Personally, I find it irritating when people user cream to bleach their skin. (Male, 29 years). I perceive them as very irritating. Sometimes they smell bad as a result of chemical reaction associated with the lotion (Male, 39 years). I see them as pretenders and people faking it just to get the approval of the society (Female, 35 years). People who bleach their skin are people who force themselves to artificially look good whereas, natural beauty is better, if not the best. (Male, 26 years). Some people see them as ignorant people because bleaching is not good. Some of them are perceived as smelling especially the male counterparts. Their skins are very light and tough with wrinkles and dark patches when they grow older (Female, 48 years). I personally do not like it when I see people that have bleached their skin. Some do it to look more attractive (Female, 30 years). I perceive them as Immoral and childish (Male, 45 years).

Section D: What are the Social health hazards of skin bleaching?

This section explains the social health hazards of skin bleaching.

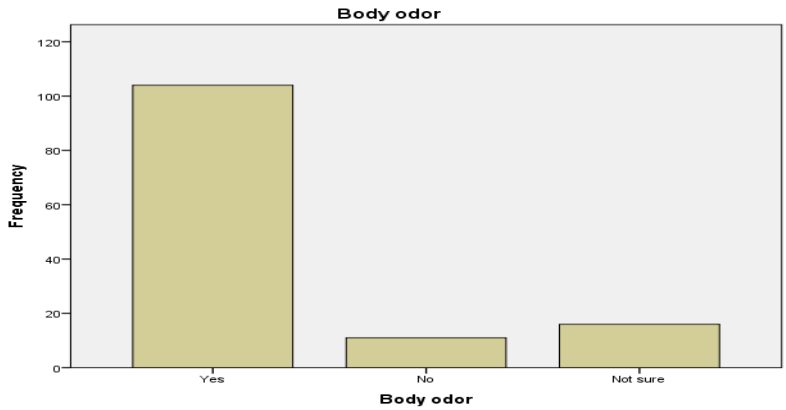


Majority of the respondents (77.5%) opined that skin bleaching damages physical wellbeing.

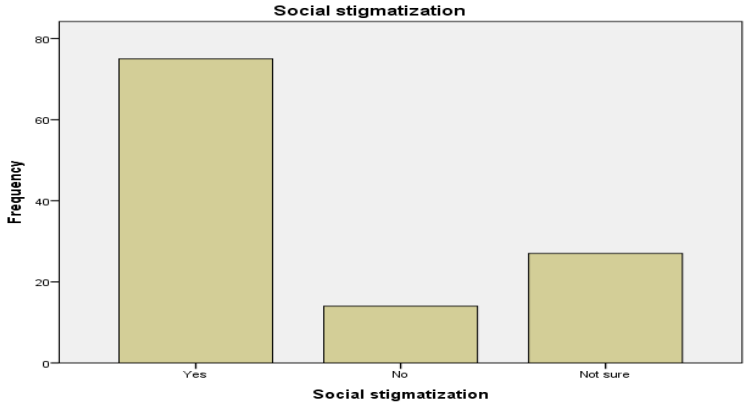


Most of the respondent (77.6%) said skin bleaching causes skin cancer.

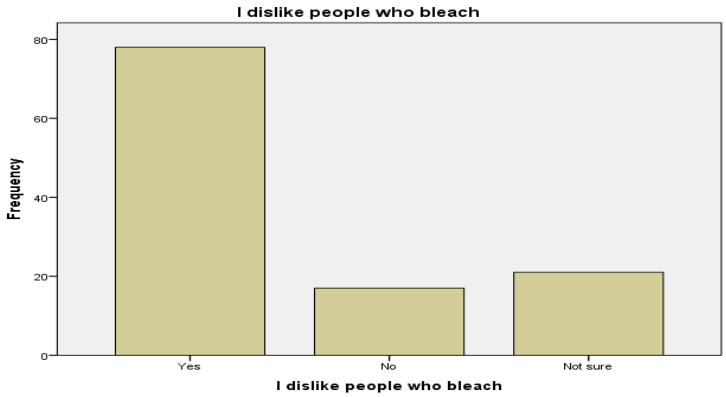
© 2026 ISARC Academy



Majority of the respondents (65.0%) opined that skin bleaching causes body odor. This occurs as a result of the damages to the skin layers and wounds, which may take time to heal.

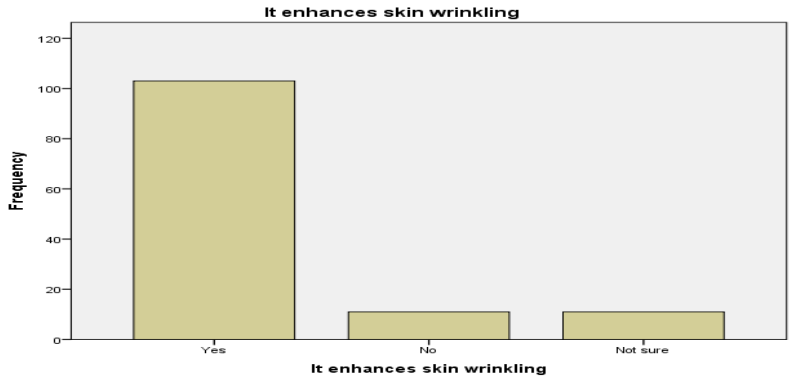


Majority of the respondents (46.9%) opined that people who skin bleach their skin are socially stigmatized.

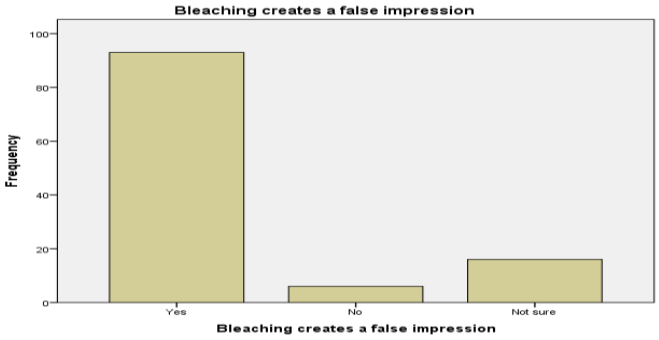


Most of the respondents (48.8%) dislike people who bleach their skin. This implies that skin bleaching negatively affects social relationships.

© 2026 ISARC Academy



Most of the respondents (64.4. %) emphasize that skin bleaching enhances skin wrinkling, thus, speeds up the process of aging.

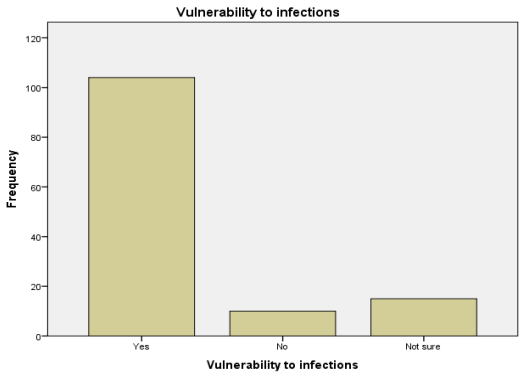


Majority of the respondents (58.1%) are of the view that skin bleaching creates a false impression. This because it gives an artificial skin colour, which is deceptive.

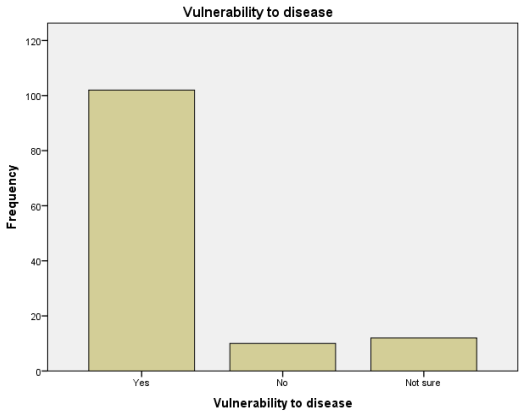


Majority of the respondents (72.5%) opined that skin bleaching causes slow recovery of wounds. This is because the chemicals weaken the skin layers.

© 2026 ISARC Academy



Majority of the respondents (65.0 %) were of the view that skin bleaching exposes the skin to infections. This is because it damages the protective layer of the skin.



Majority of the respondents (63.8 %) were of the view that skin bleaching exposes those involved to diseases. In order to give deeper meaning to the quantitative data on health hazards of skin bleaching, the interviewees gave the following responses:

People who bleach age faster (Wrinkles), and they get acnes (Female, 72 years old).

Health-wise, bleaching is not good to the skin and health in general because it might cause cancer of the skin (Female, 36 years).

The health hazards include, increased chances to skin cancer, sun burns, it takes time for their skin that has sustained injury to heal in good time. It can make the skin very light and as such make it difficult for such person to undergo surgery when need arises (Male, 31 years).

Bleaching is bad and hazardous to the skin because it makes the skin to be soft and lighter which is dangerous to the body especially when surgery is needed to be done in the hospital; it makes the person to vulnerable to infections and diseases especially skin rashes because of the skin colour; It makes their immune system to be weak (Male, 35 years)

Bleaching of the skin can cause skin cancer; it is hard for wounds to heal in time of injuries; stigmatization from others that hate bleaching (Male, 32 years)

They are prone to skin cancer, fast aging, and allergies; they feel shameful to expose themselves, especially when physical damages begin to occur (Female, 45 years)

It can lead to skin rashes, eczemas, etc. It is difficult for them to be operated on because the real skin has been terminated (Female, 30 years)

© 2026 ISARC Academy

It affects their skin and makes it lighter. That makes them prone to disease like cancer. It also affects the society interaction. They are prone to depression as the result of people not interacting with them cordially (Male, 40 years)

Skin disease, breakdown of the skin layer when they start aging (Male, 29 years)

Kidney failure, skin diseases, and skin discolouration (Female, 29).

It makes those who bleach have skin diseases such as eczema, dots, etc. Secondly, physically, their skin becomes damaged, so they feel ashamed. (Male, 42 years).

It affects social relations (Male, 46 years).

It damages and increase risks of skin cancer. It can cause low self-esteem. It can lead to uneven skin tone (Male, 35 years).

Skin decay and stigmatization (Males, 44)

It leads to skin cancer (Male, 50 years).

Skin bleaching causes skin cancer. It also makes people to feel that the skin bleachers have inferior complex, and may cause the person to be discriminated against on that basis. The person who bleaches their skin may find it difficult to associate with people especially when the bleaching affects their skin by leaving marks on their body (Male, 29 years).

Physical defects or irritation; psychological hazard as a result of experiencing negative changes in their skin; guilt and shame as a result of physical defects on their skin; stigmatization from the society; rejection from the society. (Male, 39 years).
It can lead to skin infection and also skin cancer because of the hard chemicals they use. (Female, 35 years).

It changes the natural structure of the human. It psychologically affects them as it changes their thinking of feeling superior to whoever does not bleach (Male, 26 years).

It causes skin cancer. It makes them nervous especially when some affected parts of their bodies are mistakenly exposed. This affects their social lives also. Spiritually, they are not comfortable to talk to others about skin bleaching. It affects them during surgeries. This is because it is difficult for stitches to be done on the affected areas may be as a result of accident or surgeries. It can cause gene mutation. Socially, they might be isolated. (Female, 48 years).

It spoils the skin that is a physical damage. Mentally, when your skin spoils, it can affect your mental health (Female, 30 years).

It leads to different skin diseases (Male, 45 years).

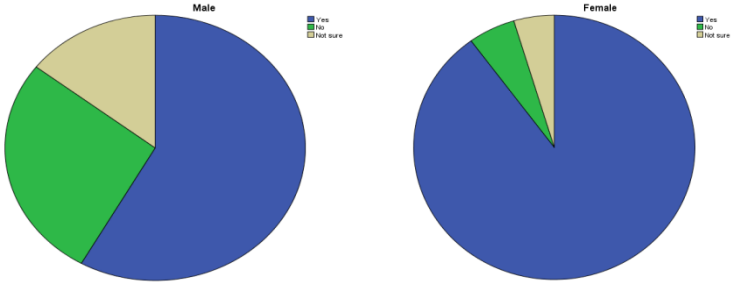
A key informant had this to say:

I have been using a particular cream and soap for the past three years that has given me a beautiful complexion; little did I know the side effects where deadly, until I had a major surgery, the stiches opened twice, because my skin was weak. It almost cost me my life that was when I painfully realized the health effects of skin bleaching. I have stopped, my skin is getting darker than before I started using the cream and soap, I am ashamed to go out of my house and relate with others (Female, 45 years).

© 2026 ISARC Academy

Another key informant said I learnt from my neighbors personal experience, who died as a result of bleeding from injuries that that did not heal after a cesarean section (CS) (Female, 41 years).

Section E: Which gender bleaches more?



This section focuses on the gender that engages in skin bleaches more. The result indicates that the female gender (72.5%) bleach their skin more than the male gender (20%). This implies that the female gender is more concerned about their complexion than their male counterparts. From the results of the IDI, the following was unveiled:

Females bleach more than men (female, 67 years old). The female gender bleaches more than men (Female, 36 years). The female gender bleaches more, although the male gender bleaches well too (Male, 36 years)

Female gender bleach more (Male, 31 years)

Females, because they want to be attractive (Male, 32 years)

The female gender bleaches the more because they want to be attractive since they feel it makes them more beautiful (Female, 45 years)

Females, because almost all women and ladies want to be accepted and celebrated. (Female, 30 years)

The female genders bleach more. (Male, 40 years)

Females, because they believe men prefer light-skinned women. (Male, 29 years).

Females, because men prefer ladies with lighter skin.(Female, 29).

Females, because they want to look attractive to men (Male, 42 years).

Female, because they always concern with their outcome and to look attractive before the opposite gender (males) (Male, 46 years).

Female bleach more because of peer and social pressure, marketing and advertisement, economic factors, and societal beauty standards (Male, 35 years).

Females, they want to be admired (Males, 44).

The female gender (Male, 50 years).

Bleaching is common among females; however, the males also bleach. Women bleach because they want to be beautiful; they want their skin to glow (Male, 29 years).

Females (Male, 39 years).

© 2026 ISARC Academy

Females tend to bleach more because of their needs and desperate want for approval from men. (Female, 35 years).

The female gender bleaches more because there is an adage that says, “Men mostly believe in what they see (sight), that’s why ladies apply makeup while women believe on what they hear, that’s why men lie a lot”. (Male, 26 years).

The female still bleaches more because they want to look more attractive. (Female, 30 years)

Females, because they like to win their boyfriends (Male, 45 years)

These findings are in agreement with World Bank, Cited by Agbo (2025) which stated that Nigerian women have been ranked as the highest users of skin bleaching creams in Africa (World Bank, Cited by Agbo, 2025).

SUMMARY CONCLUSION AND RECOMMNENDATIONS

Summary

Findings from question one: Why do people bleach their skin, unveiled the facts that every individual that engages in skin bleaching has his or her unique reasons, ranging from beauty, attractiveness, more appealing looks, gives more confidence, self-actualization, quest for belonging, attraction, psychological good feeling; to negative motives, as a result of peer-pressure, low/lack of self-esteem.

Findings from question two: How do people perceive those who bleach their skin? unveiled interesting facts. In summary, people have both negative and positive perception for those who bleach their skin. They are perceived: with disgust, irritation as prostitutes, fake, lack contentment, proud, lack confidence and self-esteem, do not know God, deviants, ugly, unserious, arrogant, artificial, pretenders, immoral and childish.
Which gender bleaches more?
Findings from objective three: What are the social health hazards of skin bleaching?
Unveils the following facts: damages to physical well-being, skin cancer, body odour, social stigmatization, social disproval, skin wrinkling, false impression

Conclusion

Skin bleaching has both negative and positive health implications on individuals and society, the female gender bleaches more than their male counterparts and those who do not engage in skin bleaching perceive those who bleach both negatively and positively.

Recommendations

The study recommends:

1. Health enlightenment programs on the health hazards of skin bleaching at Local, State and Federal Government levels by health personnel, Social Workers, Medical Sociologists and Clinical Psychologist, to enhance the wellbeing of individuals and society.
2. Community based enlightenment programs on the social perceptions of skin bleaching by Sociologists.
3. Peer-education and mass media advocacy programs on healthy and natural beauty tips.

© 2026 ISARC Academy

REFERENCES

References

Team Ebony (2016). Culture, News and Politics. Beauty and the bleached: This issue is more than skin deep. Retrieved from https//www.eboney.com/skin-bleaching/05/13/2025

Oluka, C.(2022). Deep-seated skin bleahing culture in Nigeria. Retrieved from https//grassrootsing/2023/11/03/deep-seated-skin bleahing -culture in- nigeria/05/13/2025

Agbo.L.(2025). Nigeria:Top 5 countries with the most skin bleaching population. *The Vanguard*. https://allafrica.com/stories/05/13/2025.

Usman. U. (2022). Skin bleaching, a dangerous trend in kano. *The Guardian*.

Barja,J.M., Berdeal, M, Vares, M,(2010).Xeesal: Cosmetics skin whitening in Sub-Saharan Africa. *Actas Dermaosifiliogr*.

TITLE: VITIATED CONSENT VIA DEEPFAKE TECHNOLOGY IN DIGITAL BANKING TRANSACTIONS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF FRAUD AND MISTAKE UNDER MOLDOVAN CIVIL LAW AND EUROPEAN UNION FRAMEWORKS

Iurie MIHALACHE

https://orcid.org/0000-0002-7474-7487

Doctor of Law (Dr. hab.), Associate Professor, University of European Political and Economic Studies, Chișinău, Republic of Moldova

Nicolae ZAVULAN

https://orcid.org/0000-0002-8923-6444

PhD Candidate, Doctoral School of Law, Political and Administrative Sciences of the National Consortium of Educational Institutions, Academy of Economic Studies of Moldova and University of European Political and Economic Studies, Chișinău, Republic of Moldova

Abstract:

The rapid digitalization of the financial sector and the widespread implementation of remote onboarding, electronic signatures, and biometric authentication have significantly optimized banking operations. However, the proliferation of generative Artificial Intelligence (AI), particularly hyper-realistic audio and video Deepfakes, poses an unprecedented threat to the core dogmas of private law, specifically the integrity of consent in digital contract formation. As synthetic media can flawlessly replicate a banking client's voice, face, or authorization cues, traditional legal mechanisms designed to protect parties from deception are severely strained.

Utilizing a functional comparative legal methodology, this research analyzes the vices of consent – namely fraud (dolus) and mistake (error) – in the specific context of digital banking transactions and distance financing. The study provides a parallel examination between the modernized Civil Code of the Republic of Moldova (notable for its advanced digital-adaptive frameworks introduced in 2019) and the evolving legal framework of the European Union. The EU perspective integrates private law standards with recent regulatory milestones, including the EU Artificial Intelligence Act (AI Act), the digital identity frameworks (eIDAS II), and the emerging Payment Services Directive/Regulation (PSD3/PSR) rules regarding authorized push payment fraud.

The paper addresses a critical legal vacuum: how to re-evaluate the classic civil standard of a "reasonable and diligent person" (bonus pater familias) when a commercial bank or a customer interacts with deceptive digital realities that are virtually indistinguishable from authentic manifestations of will. It explores the shifting boundaries of Article 342 (Fraud) and Article 340 (Mistake) of the Moldovan Civil Code against the EU principle of high-level consumer protection and strict operational resilience for financial institutions. Specifically, the research evaluates the allocation of civil liability and the shifting burden of proof when a loan contract or a high-value transfer is authorized via an AI-manipulated identity.

Ultimately, the paper argues that traditional remedies for vitiated consent must be dynamically harmonized with EU risk-allocation models to assess the specialized diligence required by modern financial institutions. The study concludes by proposing practical interpretive criteria to balance contractual stability (favor contractus) and banking security with the equitable protection of defrauded bank clients in the context of Moldova's ongoing alignment with the EU acquis communautaire.

© 2026 ISARC Academy

Keywords: Digital banking transactions, Deepfakes, Financial fraud, Vitiated consent, Fraud (*dolus*), Mistake (*error*), Moldovan Civil Code, EU Artificial Intelligence Act (AI Act), PSD3/PSR, Consumer protection, *Bonus pater familias*, Identity theft.

Introduction

The digitization of the global financial architecture has radically transformed the mechanics of contractual formation. Remote onboarding, biometric authentication, and instant digital payment systems have replaced face-to-face interactions, shifting the legal assessment of consent from physical manifestations to digital signatures and cryptographic verifications (European Banking Authority, 2023). However, this technological evolution has introduced asymmetric vulnerabilities. The emergence of generative artificial intelligence (AI) capable of producing sophisticated deepfakes – highly convincing, manipulated audio, visual, or digital representations of real individuals – has effectively weaponized corporate and individual identities within the digital banking ecosystem.

Under traditional civil law traditions, the validity of any legal transaction or contract hinges upon the existence of a free, informed, and unvitiated expression of will. When a banking client is induced into authorizing a wire transfer or executing a credit agreement through a hyper-realistic deepfake simulation of a corporate executive, family member, or bank official, the integrity of that consent is fundamentally compromised. The legal dilemma resides at the intersection of contract law, technological neutrality, and consumer protection: can automated deception generated by autonomous algorithmic systems be neatly categorized under classical doctrines of civil defects of consent, or does it represent an entirely distinct category of juridical nullity?

This study explores this question by conducting a comparative legal analysis. On one hand, it examines the Civil Code of the Republic of Moldova (specifically Law No. 1107/2002, as amended), which relies on traditional European continental doctrines of fraud (dol) and essential mistake (eroare). On the other hand, it evaluates the evolving regulatory framework of the European Union, which attempts to preemptively govern AI risks through the EU Artificial Intelligence Act (Regulation 2024/1689), the eIDAS 2.0 framework for digital identity, and the forthcoming PSD3/PSR proposals designed to tackle authorized push payment (APP) fraud.

The core objective of this research is to determine the extent to which the existing provisions of Moldovan civil law can protect bank clients whose consent has been vitiated via deepfake technologies, and how the transposition of EU digital policies could bridge the current legislative gaps in Eastern Europe.

Research and Comparative Analysis

A. Vitiated Consent under the Civil Code of the Republic of Moldova: Fraud (Dol) vs. Mistake.

The Civil Code of the Republic of Moldova (Law No. 1107/2002) provides classical doctrinal mechanisms to address defects of expression of will. When applied to deepfake-induced financial transactions, a critical distinction must be drawn between essential mistake (eroare) under Article 342 and fraud (dol) under Article 343.

Mistake. Under Moldovan civil law, a transaction may be declared void if the consent was given due to an essential mistake. In digital banking transactions manipulated by deepfakes, the victim often acts under a false impression of reality – believing they are interacting with a legitimate bank official, a family member in distress, or a corporate superior (Authorized Push Payment fraud).

However, applying Article 342 presents severe challenges. The mistake must be "essential", meaning that a reasonable person with similar training and under the same circumstances would not have concluded the transaction if they had known the true state of affairs. Financial institutions frequently argue that clicking a malicious link or authorizing a transfer via an unverified video call constitutes gross

© 2026 ISARC Academy

negligence, which under Moldovan jurisprudence may disqualify the mistake from being deemed excusable.

Fraud. Article 343 of the Moldovan Civil Code defines fraud as the intentional misrepresentation or concealment of the truth by one party to induce another into executing a legal transaction. Deepfakes represent an advanced form of cyber-enabled dol. The malicious third party intentionally deploys synthetic audio or video to fabricate an alternate reality.

Crucially, under Moldovan law, if the fraud is committed by a third party (the hacker/cybercriminal) rather than the contracting party (the commercial bank), the transaction can only be annulled if the bank knew or ought to have known about the fraud at the time of the transaction. In automated digital banking, where algorithms process transfers instantly, proving that the bank "ought to have known" that a user's biometric sample or voice command was a deepfake synthesis is an extraordinarily heavy evidentiary burden for the plaintiff.

B. The European Union Framework

The European Union has shifted away from relying solely on retroactive ex-post contract annulment, opting instead for a proactive, ex-ante risk-mitigation framework. For Republic of Moldova, which is actively harmonizing its domestic legislation with the EU acquis communautaire, these frameworks dictate the future of financial sector liability.

The EU Artificial Intelligence Act (Regulation 2024/1689) establishes clear classification of AI risks and strict transparency obligations. Specifically, Article 52 mandates that providers of AI systems generating deepfakes must disclose that the content is artificially generated. Failure to do so establishes a legal presumption of deceptive intent, which significantly lowers the victim's burden of proof in civil litigation.

Concurrently, the Payment Services Directive 3 and the accompanying Payment Services Regulation (PSD3/PSR) framework radically alter the mitigation of Authorized Push Payment (APP) fraud. This regulatory shift repositions financial liability allocation; if a customer is manipulated via spoofing or deepfakes impersonating a bank employee, the Payment Service Provider (PSP) is held strictly liable to refund the consumer, unless the provider can prove the consumer acted with fraudulent intent or gross negligence.

Finally, the Framework (Regulation 2024/1183) reinforces this architecture by establishing high-assurance cryptographic credentials and the European Digital Identity Wallet. Under these rules, remote biometric matching must pass advanced "Liveness Detection" standards to effectively distinguish authentic human traits from malicious deepfake streams injected into remote banking systems.

C. Allocation of Liability and Evidentiary Challenges

A major systemic conflict between Moldovan civil law and the modern EU financial framework lies in the allocation of burden of proof. Under traditional Moldovan civil liability rules (Article 1398 onwards regarding torts/delicts), the victim must prove the illicit act, the damage, the causal link, and the fault of the perpetrator. In deepfake transactions, the perpetrator is usually anonymous, untraceable, or outside national jurisdiction, leaving the victim to sue the financial institution for contract termination or damages.

The digital banking infrastructure operates on the principle of automated authorization. If a client inputs their multi-factor authentication codes after being deceived by a deepfake phone call, the bank’s logs register a "technically valid" transaction.

Under current Moldovan banking regulations, this shifts the blame entirely to the client for failing to secure their credentials. Conversely, the evolving EU approach recognizes that deepfake cognitive manipulation bypasses the technical security layer by hacking the human element, thereby requiring

© 2026 ISARC Academy

banks to implement behavioral anomaly detection systems capable of spotting transactions induced by social engineering.

D. Discussion: Between Technological Neutrality and Vulnerable Consumer Protection

Transposing modern cyber realities into the rigid frameworks of the Civil Code of the Republic of Moldova reveals a profound structural asymmetry. The classical doctrine of defects of consent was designed for tangible human-to-human interactions, where fraud (dol) required analog deceptive practices and mistake pertained to the substantial qualities of the object or the contracting party. In the digitized banking ecosystem, deepfakes operate as an algorithmic defect of consent. This constitutes a hybrid legal category that eludes the traditional binary distinction between mistake and fraud.

The fundamental problem lies in applying the reasonable person standard under the doctrine of mistake according to Article 342 of the Moldovan Civil Code. Faced with a hyper-realistic synthetic simulation, the threshold of diligence required from an average consumer can no longer be evaluated through classical prudential rules. If a generative AI algorithm can perfectly replicate the voice, mannerisms, and inflections of a corporate executive or a bank official, the victim's mistake becomes, both technically and psychologically, invincible. Consequently, financial institutions automatically qualifying the victim’s actions as gross negligence constitutes an anachronistic interpretation that ignores the massive technological gap between the attacker and the user.

Furthermore, the traditional tort liability mechanism based on proven fault is ineffective in modern banking litigation. While the evolving European Union legislative framework shifts toward a strict liability model for payment service providers through the text of the AI Act and the PSD3/PSR proposals, Moldovan legislation maintains a disproportionate evidentiary burden on the client. Under current rules, the digital banking logs register a technically valid authorization, effectively insulating the bank from liability. To bridge this gap, national jurisprudence must urgently reconsider the definition of a bank's operational risk, integrating social engineering attacks assisted by generative AI into the sphere of professional business risk, thereby echoing the proactive European approach.

E. Comparative Legal Analysis: The Moldovan Civil Code vs. The European Union Digital Paradigm

A granular systemic comparison between the private law apparatus of the Republic of Moldova and the multi-layered regulatory architecture of the European Union reveals two fundamentally divergent legal philosophies regarding digital consent protection. The Moldovan approach, structurally anchored in the Civil Code of the Republic of Moldova, relies on an ex-post remedial framework. This classic continental methodology requires the victim of deepfake manipulation to actively initiate judicial proceedings to retroactively annul a contract or claim delictual damages. Conversely, the European Union has pioneered an ex-ante preventive framework. By interlacing the market-structuring obligations of the EU Artificial Intelligence Act with the strict liability allocations of the Payment Services Regulation (PSR), the EU shifts the regulatory focus from judicial rectification to structural risk preempted by technological design.

The core divergence manifests in how both legal systems qualify and penalize the lack of disclosure in synthetic media. Under the Moldovan Civil Code, the deployment of a deepfake by a third party to induce a banking transaction does not automatically shift the legal burden or establish immediate bad faith on the part of the contracting institution. The plaintiff must laboriously demonstrate that the fraud fulfills the restrictive criteria of third-party dolus or essential error. On the other hand, Article 52 of the EU Artificial Intelligence Act creates an objective transparency obligation, requiring providers and users of AI systems that generate synthetic content to visibly and machine-readably label such outputs. Within the EU legal space, the mere failure to label a deepfake acts as a powerful procedural lever in civil litigation, generating a strong legal presumption of deceptive intent that fundamentally eases the victim’s evidentiary burden—a mechanism entirely absent from the Moldovan civil procedure.

© 2026 ISARC Academy

Furthermore, a deep doctrinal chasm exists between the two frameworks concerning the allocation of financial liability for Authorized Push Payment (APP) fraud. The current Moldovan banking landscape relies heavily on a formalistic interpretation of contract execution; if the transaction matches the cryptographic multi-factor authentication (MFA) parameters, the bank is legally absolved, and the consumer is deemed to have breached their custodial duties under the Law on Payment Services and Electronic Money. The European Union's proposed Payment Services Directive and Payment Services Regulation (PSR) explicitly dismantle this formalistic protection. The EU paradigm recognizes that deepfakes manipulate the human cognitive layer rather than the technical infrastructure. Consequently, the PSR introduces a strict liability rule for impersonation fraud: if a consumer is defrauded via deepfakes or spoofing that replicates a bank employee or a trusted corporate workflow, the payment service provider is legally mandated to fully reimburse the consumer, unless the provider can cross the exceptionally high threshold of proving gross negligence or fraudulent collusion by the user.

Finally, the technical definition of secure authentication differs significantly between the two systems. Moldovan banking regulations treat standard biometric matching or single-factor remote identification as legally sufficient expressions of electronic consent. This leaves the system vulnerable to synthetic audio and video streams injected directly into remote onboarding applications. The European Digital Identity Framework (eIDAS 2.0), implemented via Regulation 2024/1183, addresses this specific vulnerability by embedding mandatory, high-assurance cryptographic protocols within the European Digital Identity Wallet. Under eIDAS 2.0, remote biometric authentication must pass certified "Liveness Detection" standards designed to detect the microscopic temporal latencies and pixel-level anomalies characteristic of generative AI deepfakes. While Moldova approaches biometric authentication as a static legal equivalent to a handwritten signature, the EU treats it as a dynamic, highly volatile technical risk that requires ongoing, state-of-the-art infrastructural verification before any juridical expression of will can be safely processed.

F. The Integration of the EU Acquis into the Legal Order of Moldova: Practical and Methodological Obstacles

The current status of the Republic of Moldova as a candidate country for European Union accession accelerates the urgent necessity to harmonize its digital and financial legislation with the evolving acquis communautaire [civics]. However, this transposition process cannot be achieved through a purely mechanical replication of EU Regulations into the domestic legal system. The primary methodological obstacle resides in the fundamental incompatibility between the dogmatic nature of the Civil Code of the Republic of Moldova which operates via broad, abstract private law principles—and the hyper-specific, technology-driven, public law nature of EU Regulations such as the Artificial Intelligence Act.

A critical point of friction occurs when transposing the EU concept of "consumer vulnerability" under the AI Act into the Moldovan contractual framework. While the EU paradigm acknowledges that generative AI creates structural cognitive asymmetries requiring asymmetric legal protection, the Moldovan Civil Code maintains the formalistic equality of contractual parties as a foundational pillar. Consequently, when national regulatory bodies attempt to introduce consumer protection measures against deepfake manipulation, they face a systemic resistance within the domestic judiciary. Moldovan courts routinely prioritize the absolute autonomy of will (autonomia de voință) and the binding force of contracts (pacta sunt servanda), underestimating the fact that a consumer's psychological and cognitive autonomy is completely neutralized when interacting with a sophisticated synthetic persona.

Furthermore, the operationalization of the eIDAS 2.0 framework within the Moldovan digital architecture faces severe institutional and technical deficits. In the European Union, the high-assurance cryptographic credentials embedded in the European Digital Identity Wallet are backed by cross-border liability regimes and strict state-certified auditing bodies. In contrast, the current domestic legal framework of Moldova – primarily governed by Law No. 124/2022 on Electronic Identification and Trusted Services – lacks the mandatory technical protocols for advanced liveness detection. This legislative gap allows domestic commercial banks to operate remote onboarding applications that satisfy

© 2026 ISARC Academy

the formal, outdated text of the local law while remaining critically vulnerable to deepfake presentation attacks. The absence of an active, centralized supervisory authority capable of auditing AI-driven financial authentication algorithms creates a legal vacuum where the bank's internal terms of service effectively override public policy consumer safeguards.

Finally, the prospective alignment with the upcoming EU Payment Services Regulation (PSR) framework forces a radical shift in the traditional Moldovan approach to force majeure and third-party intervention. Under Article 913 Civil Code, an obligor is exempted from liability if the failure to perform an obligation was caused by an impediment beyond their control. Moldovan financial institutions frequently exploit this principle, arguing that a highly advanced deepfake deployment by an external cybercriminal constitutes an unpredictable, external event that breaks the causal link of professional liability. The EU paradigm explicitly rejects this interpretation, shifting the financial burden to the payment service providers by classifying deepfake impersonation as a foreseeable operational risk inherent to the business model of digital banking. Therefore, for Moldova to successfully bridge this gap, the national legislature must bypass the restrictive boundaries of traditional civil law exemptions and enact standalone, mandatory financial regulations that legally reallocate the burden of technological risks onto the institutional actors who profit from the digital financial architecture.

Conclusions and Policy Recommendations

This study demonstrates that the traditional private law doctrines codified within the Civil Code of the Republic of Moldova are structurally ill-equipped to counter the systemic threats posed by generative artificial intelligence in the financial sector. While the foundational principles of fraud (dolus) and essential mistake (error) remain doctrinally relevant as baseline axioms, their practical application within digital banking litigation is paralyzed by insurmountable evidentiary hurdles (probatio diabolica) and restrictive judicial interpretations of contractual fault. Consequently, the rapid weaponization of deepfake technology in the Eastern European banking ecosystem has outpaced existing consumer safeguards. To bridge this regulatory and technological chasm, a multidirectional legislative reform is urgently required, moving the legal apparatus away from reactive, ex-post litigation toward a proactive, ex-ante risk-mitigation framework aligned with the European Union acquis communautaire [civics].

The comparative legal analysis reveals stark structural divergences between the classical Moldovan framework and the emerging European digital paradigm. While the Moldovan civil liability regime remains anchored in subjective, fault-based parameters that force the vulnerable consumer to bear the full burden of proving systemic manipulation, the European Union has decisively transitioned toward a strict, objective liability model for Payment Service Providers (PSPs) via the PSR framework. Under the EU paradigm, the financial loss resulting from deepfake-driven Authorized Push Payment fraud is internalised as an operational risk by the bank, forcing an immediate refund unless the institution can conclusively prove user gross negligence or collusion. Furthermore, in classifying defects of consent, the rigid binary structure of the Moldovan Civil Code routinely disqualifies victimized clients by mischaracterizing their cognitive manipulation as gross negligence. Conversely, Article 52 of the EU Artificial Intelligence Act introduces an objective transparency obligation, creating a legal presumption of deceptive intent in the absence of explicit synthetic labeling, which fundamentally alleviates the plaintiff's procedural burden. Finally, while Moldovan banking practices equate standard, multi-factor authentication codes with valid expressions of intent, the EU framework actively targets the infrastructural root of the threat by integrating mandatory, certified liveness detection under the eIDAS 2.0 framework, preventing synthetic streams from subverting remote authentication protocols.

To optimize the regulatory architecture of the Republic of Moldova and successfully execute its European integration mandate [civics], three targeted policy interventions are proposed. First, the Law on Payment Services and Electronic Money must be amended to incorporate a strict liability allocation clause for APP fraud executed through deepfakes or spoofing, shifts the financial liability to institutions unless direct consumer fraudulent intent is legally established. Second, the National Bank of Moldova must exercise its regulatory oversight by mandating advanced anti-fraud infrastructure, specifically

© 2026 ISARC Academy

requiring real-time behavioral anomaly tracking and hardware-backed liveness verification for high-risk remote financial transactions. Third, the Supreme Court of Justice of the Republic of Moldova must issue a binding explanatory ruling regarding the interpretation of error invincibilis under Article 342 of the Civil Code, explicitly clarifying that cognitive manipulation achieved through sophisticated, generative AI-synthesized media precludes a judicial finding of consumer negligence, thereby establishing an equitable judicial standard for the digital age.

References

1. Banca Națională a Moldovei. (2024). Raport privind evoluția sistemului de plăți din Republica Moldova și riscurile cibernetice asociate [Report on the evolution of the payment system in the Republic of Moldova and associated cyber risks]. BNM.
2. Civil Code of the Republic of Moldova, Law No. 1107/2002. (2002). Monitorul Oficial al Republicii Moldova, (82-86).
3. Civil Procedure Code of the Republic of Moldova, Law No. 225/2003. (2003). Monitorul Oficial al Republicii Moldova, (111-115).
4. European Banking Authority. (2023). Report on the thematic review of digital onboarding solutions and remote biometric authentication. europa.eu
5. European Commission. (2023). Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on payment services in the internal market (PSR) (COM(2023) 367 final). Brussels.
6. Law No. 105/2003 on Consumer Protection of the Republic of Moldova. (2003). Monitorul Oficial al Republicii Moldova, (156-158).
7. Law No. 124/2022 on Electronic Identification and Trusted Services of the Republic of Moldova. (2022). Monitorul Oficial al Republicii Moldova, (159-162).
8. Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). (2024). Official Journal of the European Union, L series.
9. Regulation (EU) 2024/1183 of the European Parliament and of the Council of 11 April 2024 amending Regulation (EU) No 910/2014 as regards establishing a framework for a European Digital Identity (eIDAS 2.0). (2024). Official Journal of the European Union, L series.
10. Baieș, S., Volcinschi, V., Băieşu, A., Cebotari, V., & Creţu, I. (2005). Drept civil: Drepturile reale. Teoria generală a obligaţiilor (Vol. 2, Ed. a 2-a). Tipografia Centrală.
11. Baieș, S., Mîțu, G., Cazac, O., Cebotari, V., Brumă, S., Robu, O., Crețu, I., Tabuncic, T., & Cara, A. (2015). Drept civil: Teoria generală a obligațiilor. F.E.P. Tipografia Centrală.

© 2026 ISARC Academy

LEGAL LIABILITY FOR THE COLLECTION AND PROCESSING OF STUDENTS' PERSONAL DATA IN YOUTH UNION AND STUDENT ASSOCIATION ACTIVITIES

Ngo Hien Long

Thu Dau Mot University, Vietnam

Nguyen Thi Yen Nhi

Thu Dau Mot University, Vietnam

Cao Kim Nhuong

Thu Dau Mot University, Vietnam

Abstract

Youth Union and Student Association activities in Vietnamese universities generate a chain of personal data processing, from membership administration and event registration to the publication of achievements and the sharing of information with external partners. Although existing scholarship has examined student privacy and educational data governance, comparatively little attention has been paid to allocating legal responsibility among universities, student organizations, individual organizers, and third parties across this chain. This article asks which data may lawfully be processed for particular organizational purposes, who bears responsibility at each stage, and what follows when processing exceeds its legitimate scope. Using doctrinal legal analysis, statutory interpretation, illustrative scenarios, and a focused comparison with the EU General Data Protection Regulation (GDPR), the article develops a responsibility-allocation framework based on control over processing purposes, essential means, and foreseeable risks. It argues that the legitimacy of a student activity does not, by itself, establish the lawfulness of every associated data-processing operation. Managing participation, publishing results, and conducting promotional communications require distinct assessments. A university is not automatically responsible for every act of a Youth Union or Student Association, but it remains responsible for data, systems, access decisions, and processing purposes within its control. The article's principal contribution is a chain-of-processing model that connects purpose limitation to the allocation of responsibility and provides a basis for institution-specific student data governance.

Keywords: personal data; student data; data protection; legal liability; higher education; student organizations; privacy.

1. Introduction

Student information does not reside solely in admissions files or academic management systems. A student may provide personal data when joining an organization, registering for a volunteer programme, attending a seminar, checking in through an online form, applying for an award, or appearing in photographs of an event. Each apparently routine transaction may create another copy of the data in a personal account, an online group, a service provider's system, or a social media platform. Research on learning analytics has shown that universities can accumulate and connect information about students well beyond any single educational transaction (Slade & Prinsloo, 2013; Pardo & Siemens, 2014). Youth Union and Student Association activities serve different purposes from learning analytics, but they raise a related question: who may decide how data provided by students within their relationship with a university will subsequently be used?

In Vietnam, Youth Union and Student Association activities are commonly associated with education, student support, and extracurricular participation. This setting can encourage the assumption that data collected for such activities are "internal" data that may be circulated among units or reused for publicity. That assumption overlooks the difference between verifying a participant's registration and posting that

© 2026 ISARC Academy

participant's name, class, telephone number, and photograph on a public social media page. It also overlooks the change in audience and the possibility of further copying when an internal administrative list becomes a file sent to a sponsor.

Vietnam's Law on Personal Data Protection 2025, effective from 1 January 2026, subjects personal data processing to requirements concerning purpose, scope, lawful grounds, and the responsibilities of participating entities. Decree No. 356/2025/ND-CP provides implementing rules; it replaced Decree No. 13/2023/ND-CP upon taking effect. An analysis of current responsibilities must therefore take the 2025 Law and Decree No. 356/2025/ND-CP as its principal legal framework rather than assume the continued applicability of the 2023 Decree. Administrative sanctions must also be considered in light of Decree No. 330/2026/ND-CP, effective from 19 August 2026. These instruments are primary legal sources, not academic literature.

The issue is not whether student organizations may use student data at all. Many activities would be difficult to administer without appropriate contact details or registration records. Rather, a legitimate organizational purpose does not automatically justify collecting every available data field, granting access to every organizer, or reusing information for a later purpose. For example, the need to contact volunteers before an event does not itself establish a need to retain all applicants' telephone numbers for years, still less a right to transfer the list to an advertising agency.

Three bodies of scholarship provide the foundation for examining this problem. Contextual theories of privacy explain why moving information into a different setting can be harmful even when it was initially disclosed voluntarily (Nissenbaum, 2004). Research on student data emphasizes the power asymmetry between educational institutions and students, as well as the limits of formal consent (Prinsloo & Slade, 2016; Jones, 2019). The theory of the *information fiduciary* suggests that an organization entrusted with personal information should scrutinize its own purposes rather than ask only whether a student ticked a consent box (Balkin, 2016; Jones et al., 2020). These approaches, however, do not fully resolve how legal responsibility should be distributed among the multiple actors involved in Youth Union and Student Association activities in Vietnamese universities. That specific allocation problem constitutes the article's research gap; it is not a claim that student privacy has gone unstudied.

The article addresses three connected questions. First, what legal ground permits the collection and use of particular categories of data for particular Youth Union or Student Association purposes? Second, how do the roles of the university, the Youth Union, the Student Association, individual organizers, and external partners change according to their actual decisions about the purposes and means of processing? Third, when unlawful processing or a security incident occurs, how should remedial duties and legal consequences attach to each participant in the processing chain? The central argument is that responsibility should be determined across the *chain of data processing*, rather than inferred solely from an organization's name, ownership of an information system, or the identity of the person who ultimately published the data.

The article employs doctrinal analysis, statutory interpretation, and hypothetical legal scenarios; it makes no empirical claim about the compliance practices of particular universities. The GDPR is used selectively to test the coherence of the proposed allocation of responsibility, not as a source of directly applicable obligations in Vietnam. Following the literature review, the article establishes its legal and analytical framework, applies that framework to representative scenarios, examines legal consequences, and proposes governance measures.

2. Literature Review

The first body of scholarship treats privacy and data protection as questions about the governance of information flows, rather than merely the preservation of secrecy. Solove (2006) distinguishes harms associated with collection, processing, dissemination, and intrusion. This distinction is useful because a student list may be collected lawfully yet cause harm when it is later published. Nissenbaum (2004) argues that the appropriateness of an information transfer depends on its context, the sender and

© 2026 ISARC Academy

recipient, the type of information, and the governing transmission norms. On this account, a telephone number supplied for event coordination does not cease to merit protection because the participant voluntarily provided it to the organizers. Richards and Hartzog (2016) further argue that relationships of trust cannot be established merely through lengthy notices followed by expansive assumptions about permissible data use.

These theories explain why the transfer of data from an administrative setting to a public one may be objectionable. Their limitation for present purposes is that they do not directly identify which organization must document its processing grounds, who has authority to share data, or who bears responsibility when a volunteer uses a personal account to post a participant list. Privacy analysis must therefore be connected to rules governing legal roles and the duty to demonstrate compliance.

The second body of research concerns student data in higher education, primarily through the study of learning analytics. Slade and Prinsloo (2013) connect data collection to surveillance, misinterpretation, and student autonomy. Pardo and Siemens (2014) regard trust, transparency, and accountability as conditions for deploying data-driven educational technologies. Ifenthaler and Schumacher's (2016) study of students' perceptions cautions against inferring unconditional acceptance of data use from its potential benefits. Jones (2019) examines mechanisms for informed consent in higher education, while Prinsloo and Slade (2016, 2018) question whether the ability to consent or refuse is meaningful within an unequal institutional relationship.

Of particular relevance is the proposition that higher education institutions bear special responsibilities concerning student information. Balkin (2016) develops the concept of the *information fiduciary* through relationships characterized by trust and informational power. Applying this concept to higher education, Jones et al. (2020) argue that an institution's interests cannot simply be equated with those of its students. Rubel and Jones (2016) likewise question the justification for collecting data, the identity of those granted access, and the implications for student autonomy. These works support closer scrutiny of processing undertaken ostensibly "for students." The information-fiduciary concept is, however, a comparative analytical framework; it does not itself create a fiduciary duty under Vietnamese law.

The third body of scholarship examines the responsibilities of those who determine processing purposes and those who carry out processing. Academic commentary on the GDPR emphasizes that accountability requires more than a statement of compliance: an entity determining the purposes of processing should be able to demonstrate the applicable ground, relevant limitations, safeguards, and allocation of duties with service providers (Kuner et al., 2020). De Hert and Papakonstantinou (2016) identify a broader movement toward proactive responsibility in data protection law. From a risk-governance perspective, Gellert (2018) shows why risks must be assessed in relation to individuals' rights and interests, rather than solely to an organization's technical security. These analyses help explain why a contract with an electronic-form provider or communications agency does not, by itself, discharge the responsibilities of the entity that decided to collect the data and selected the partner.

Youth Union and Student Association activities nevertheless differ from learning analytics. They combine membership records, event administration, the recognition of achievements, and public communications; those carrying out the work may be university employees, organizational officers, or student volunteers. The research gap is therefore not simply the absence of another field of application. It concerns an underexamined *shift in legal roles*: who determines the use of data at registration, who determines whether results will be publicized, and how responsibility changes as information moves between units. This article draws on existing scholarship to construct an evaluative framework and tests it against Vietnam's organizational and legal setting.

3. Legal and Analytical Framework

Under Vietnam's Law on Personal Data Protection 2025, processing encompasses multiple operations involving personal data, not merely their initial collection. Article 3 establishes requirements concerning a specific and clear purpose, appropriate scope, accuracy, retention, and protective measures. Article 9

© 2026 ISARC Academy

governs consent, Article 17 addresses data transfer, and Article 19 sets out circumstances in which processing may occur without consent. Decree No. 356/2025/ND-CP elaborates relevant data categories, methods of demonstrating consent, and requirements concerning data sharing. These provisions must also be read alongside the Civil Code 2015 on image rights, private life, and compensation for damage.

This article applies four tests to *each stage* of processing: purpose and legal ground; data category and necessity; the actors deciding and carrying out processing; and risk, safeguards, and remedies. The principles of lawfulness, fairness, transparency, purpose limitation, data minimization, accuracy, storage limitation, integrity and confidentiality, and accountability connect these tests. This is the author's analytical framework, not a verbatim restatement of a single Vietnamese statutory provision. It is particularly relevant to student data because information is supplied within a relationship marked by unequal institutional power and may later be reused for performance assessment or publicity in ways the student did not anticipate (Nissenbaum, 2004; Prinsloo & Slade, 2016).

Consent is not necessarily the legal ground for every processing operation. Article 19 of the 2025 Law permits certain processing without consent, including processing necessary to perform an agreement between the data subject and a relevant organization or individual, subject to applicable law. Such an exception must nonetheless be interpreted in relation to the particular purpose. The existence of a volunteer programme or an educational mission does not transform every Youth Union or Student Association task into an exercise of state administrative authority. Conversely, requiring consent for every minor operation does not resolve the underlying power imbalance if a student cannot refuse an ancillary use without losing the opportunity to participate in the principal activity.xaydungchinhsach.chinhphu+1

Two approaches are possible to the article's central question. The first treats Youth Union and Student Association activities as a single purpose: by registering to participate, a student is assumed to accept attendance recording, retention of records, publication of achievements, and the use of images. This approach reduces administrative effort but removes predictable limits on processing. The second distinguishes activity administration from communications and external data transfers; each expansion of scope must be reassessed for its legal ground, necessity, and intended recipients. This article adopts the second approach because information appropriate for verifying eligibility may be wholly unnecessary on a public webpage. The approach does not prohibit communications. It requires those responsible for them to establish an appropriate ground rather than borrow the justification for administrative processing.

Legal roles must likewise be determined by conduct. An actor that decides why data are needed and selects the essential means of processing acts as a controller; an actor that processes data for an established purpose under another's instructions may act as a processor; an actor may both determine and perform processing. The same organization can occupy different roles at different stages. A university that administers student information systems is not necessarily the controller of every post made by a Student Association. Equally, granting the Youth Union access to a university system does not extinguish the university's responsibility for its own access-control decision. Decree No. 356/2025/ND-CP requires transfer agreements in specified circumstances and procedures governing data sharing among units within the same organization.

4. Scenarios and Allocation of Responsibility

Registration, attendance, and activity assessment. For an ordinary event, a name, an appropriate internal identifier, a means of contact, and information confirming participation may be necessary. A national identification number, permanent address, family details, or photograph of an identity document does not become necessary merely because an online form provides a field for it. A programme involving particular safety requirements may justify additional data, but its organizer should be able to explain how each category relates to a specific risk, who may access it, and how long it will be retained. Decree No. 356/2025/ND-CP includes personal images among basic personal data and treats certain

© 2026 ISARC Academy

information, including health information and images of identification cards, as sensitive; a uniform level of protection for every form field would therefore be inappropriate.congbaocdn.chinhphu

The actor creating a registration form should establish in advance who administers the account, where submissions are stored, and whether they are transmitted to another service provider. If a university-level Youth Union designs the form and decides how the registration list will be used, it does not relinquish responsibility for that purpose by hosting the form on an external platform. If the university mandates a common system and determines its data fields, the university bears responsibility for those decisions. Where attendance records feed into award decisions, accuracy becomes a matter of protecting students' interests rather than merely maintaining an efficient system: students need a means of checking and seeking correction of erroneous records.

Publication of participation lists and achievements. Transparency in an award process may require publication of results, but not publication of the underlying dataset. Within a restricted process, those handling complaints may need student identifiers to distinguish people with the same name. On a public page, a verified name and achievement may suffice for recognition; a telephone number, address, detailed score, or full student identification number ordinarily calls for an independent justification that a general wish to celebrate success does not provide. This article does not propose an absolute prohibition on particular fields. The relevant question is which audience needs which information to fulfil which purpose.

One objection is that award recipients often expect publicity. A social expectation, however, does not determine its permissible scope. A student may accept a certificate but not want their photograph, class, and activity history indexed online. A less intrusive arrangement separates restricted assessment records from a public announcement of achievements. The actor authorizing publication must separately assess the information and images that will enter the public domain.

Images and communications. Photographs taken at an event may serve recordkeeping, verification of activities, or programme promotion. These purposes are not interchangeable. Image rights under Article 32 of the Civil Code 2015 and personal data protection rules must be considered together where relevant; a civil-law ground for using an image does not eliminate duties concerning processing purpose, notification, and data security. A group photograph illustrating an event and a close-up portrait linked to a student's name, personal circumstances, or promotional endorsement have different implications.congbao.chinhphu+1

Where a student is invited to appear in a sponsor's campaign, participation in the underlying event should not be construed as agreement to the sponsor's promotional purpose. The user of the image, publication channels, scope and duration of use, and arrangements for addressing an objection or a lawful request for removal should be identified. This is the boundary between data necessary to conduct an activity and data used to increase the reach of a promotional message.

Sharing among the university, the Youth Union, the Student Association, and partners. Two possibilities must be distinguished. Where units within the same organization share information for an established purpose, internal access and use require appropriate controls. Where information is transferred to another organization or an independent event provider, the parties must assess the ground for transfer, the recipient's role, and the content of the agreement under Article 17 of the Law and Article 7 of Decree No. 356/2025/ND-CP. The label "supporting partner" does not establish whether the recipient merely sends invitations under instructions or independently selects students for advertising. In the latter case, the partner participates in determining a processing purpose.xaydungchinhsach.chinhphu+1

Disclosure and unauthorized use. Suppose a student volunteer downloads a registration spreadsheet to a personal device, shares a link without restricting access, and the spreadsheet subsequently appears online. The volunteer may bear responsibility for acting beyond their authority. The inquiry cannot, however, end with the person who shared the link. It must ask who authorized the download of the complete dataset, who administered the account, whether public sharing could reasonably have been restricted, and which organization knew of the risk yet failed to address it. An incident does not itself

© 2026 ISARC Academy

establish fault on the part of every actor in the chain. Equally, an individual's immediate error does not rule out a separate organizational breach.

These scenarios support an allocation principle. The university is responsible for purposes, systems, source data, access grants, and oversight decisions that it actually determines or is legally required to control. The Youth Union or Student Association is responsible for processing purposes and operations it determines. A processor bears responsibility within the scope of its applicable obligations, while an individual bears responsibility for their own unlawful acts. Several actors may incur liability for distinct conduct, but they should not be presumed to share identical responsibility.

For the Youth Union, its organizational presence within a university does not, by itself, determine whether it is an internal unit or an independently deciding actor in a particular processing operation. The inquiry must identify who approves the form, determines retention, administers the communications channel, and selects recipients. The same inquiry applies to the Student Association, while its organizational status, powers, and relationship with the university must be assessed separately; the Association's status cannot simply be equated with that of the Youth Union or the university. Where the university and an organization jointly determine a purpose, their written allocation of functions should identify each party's responsibilities rather than use the vague label "coordination" to obscure actual decision-making power.

Officers, employees, and student volunteers usually perform assigned tasks; they do not automatically become independent controllers. If they create a separate dataset for their own purposes, however, that activity must be assessed independently. Use of a chat group or personal device is not inherently unlawful. Its legality depends on authority, the data shared, security measures, and purpose. For sponsors, communications agencies, form providers, and software suppliers, contractual terms should reflect actual functions: a provider that stores data under instructions differs from one that independently exploits a student list. This functional distinction resembles the controller–processor analysis under the GDPR, although liability in Vietnam must ultimately be assessed under Vietnamese law and the evidence of the particular case (Kuner et al., 2020).eur-lex.europa

5. Violations and Comparative Insights

Liability should be analysed through the relationship between conduct, actor, legal ground, the relevant harm or statutory threshold, and remedy. Collection without a proper ground may require processing to stop and data to be erased; it may also attract administrative sanctions where the statutory elements of an offence are satisfied. Using an event-registration list for a sponsor's advertising raises questions about both the actor determining the new purpose and those implementing it; a transfer agreement cannot legitimize an unlawful purpose. The improper public posting of an image or personal information may give rise to removal, correction, and compensation where the requirements of civil law are met, alongside other possible sanctions depending on the conduct. Article 8 of the Law on Personal Data Protection 2025 recognizes the possibility of administrative penalties, criminal liability, or compensation subject to their respective legal conditions. Not every data disclosure constitutes a criminal offence.

As to administrative liability, Decree No. 330/2026/ND-CP addresses conduct involving invalid or absent consent where consent is required, including treating silence as consent and failing to maintain a verifiable consent mechanism. Any sanction must be tied to the applicable provision, date, actor, and proven conduct; a penalty cannot be inferred directly from the discovery of an exposed file. Internal measures—such as revoking access and disciplinary action under the applicable relationship—serve a different function from state-imposed penalties and compensation owed to a student.xaydungchinhsach.chinhphu

When an incident is discovered, responsible actors should identify the affected data, prevent further access, preserve evidence, coordinate across the processing chain, and meet notification duties applicable to the particular circumstances. Decree No. 356/2025/ND-CP establishes requirements

© 2026 ISARC Academy

relating to the exercise of data-subject rights, transfer arrangements, impact-assessment documentation, and associated procedures. Remediation therefore cannot end with asking an individual to "delete the post": the responsible controller must also consider copies, recipients, and the likelihood of recurrence.congbaocdn.chinhphu

The GDPR offers three bounded comparative insights. First, Article 5 connects purpose limitation to minimization, retention limits, and the ability to demonstrate compliance; this supports separating administrative data from communications data. Second, its provisions concerning lawful grounds, joint controllers, processors, and security help frame precise questions about the respective roles of universities, student organizations, and service providers. Third, its approach to data breaches emphasizes an organized response rather than an exclusive search for the last person to make a mistake. These are useful considerations for institutional design, not grounds for importing EU notification periods or penalties automatically into Vietnamese universities.

6. Recommendations

First, education authorities and the authorities responsible for personal data protection should develop guidance organized by *processing activity*, rather than solely by type of educational institution. The guidance should distinguish at least four purposes: membership administration; organizing and verifying participation; assessing achievements; and communications or disclosure to partners. For each purpose, it should clarify how to identify the deciding actor, determine a lawful ground, limit data categories, and assess any expansion of scope. This recommendation directly addresses the risk of interpreting "supporting Youth Union and Student Association activities" as an all-encompassing justification.

Second, each university should adopt a policy for data processed through its records, systems, or authority, while establishing arrangements with the Youth Union and Student Association when those organizations independently determine processing activities. The policy should identify the responsible contact for each system and public communications channel; set out procedures for approving forms; establish criteria for granting, reviewing, and withdrawing access; and route students' requests to the actor capable of resolving them. It should not assume that the university controls every organizational activity, but it should prevent a responsibility gap when university-held data are made available to another body.

Third, the actor determining a registration form should map every requested field to a specified purpose. A field that cannot be justified should not be mandatory. Data used for attendance, award assessment, and communications should have distinct access settings. Notices to students should identify the processing actor, foreseeable recipients, retention period, and means of exercising rights. Where the law requires consent, it should be verifiable and distinguishable by purpose. Article 6 of Decree No. 356/2025/ND-CP does not permit mechanisms that presume consent by default or mislead users about the distinction between agreeing and refusing.

Fourth, universities, Youth Unions, and Student Associations should set retention periods according to demonstrable needs rather than allow registration files to remain indefinitely in the account of a former organizer. Records required to resolve complaints or substantiate results should be retained for the applicable period; short-term coordination copies should be deleted when their purpose ends unless another lawful ground exists. A change of personnel should trigger both a handover and a review of access and copies on devices or accounts no longer authorized for use.

Fifth, any proposal to provide lists or images to sponsors, event providers, communications agencies, or technology suppliers should undergo a review of roles and transfer grounds. Agreements with recipients should specify purpose, data categories, duration, restrictions on onward transfer, safeguards, procedures for responding to students, and incident cooperation, consistent with Article 7 of Decree No. 356/2025/ND-CP. For promotional images, the actor approving publication should assess image-use rights and the scope of public disclosure separately; an event-registration form should not become an unlimited promotional licence.congbaocdn.chinhphu

© 2026 ISARC Academy

Finally, the university and relevant organizations should establish an incident procedure reflecting actual control: a reporting contact, authority to suspend access, responsibility for contacting platforms or partners, methods for preserving evidence, assessment of notification obligations, and a route for addressing compensation claims. The procedure should make it possible to identify who determined a purpose, who granted access, and who performed the operation that caused the incident. Accountability would then mean the capacity to demonstrate compliance and correct failure, rather than a general declaration in an institutional policy.

7. Conclusion

The central legal problem in processing students' personal data for Youth Union and Student Association activities is the conflation of a legitimate organizational purpose with an unlimited entitlement to process data. The need to contact participants does not, by itself, justify publishing a list, transferring it to a sponsor, or retaining a copy in a personal account after a programme ends. Each stage changes the data used, the people who can access them, and the risks faced by students. Lawfulness must therefore be assessed at each stage.

The gap identified by this article is not the absence of general personal data rules. Vietnam's Law on Personal Data Protection 2025 and its implementing instruments already establish foundational obligations. The difficulty is translating those obligations into an allocation of responsibility where several actors participate without necessarily sharing the same legal status, decision-making authority, or ability to control risks. Scholarship on privacy and educational data helps identify the risks, but it does not alone determine who must demonstrate a processing ground, control onward disclosure, or provide a remedy when data are misused.

The article proposes a chain-of-processing approach: at each stage, identify the actor deciding the purpose and essential means, the actor acting under instructions, the individual acting beyond authority, and any third party that establishes a new purpose. On that basis, the university is responsible for the source data, systems, access controls, and processing decisions it controls; the Youth Union and Student Association are responsible for processing they determine; personnel and volunteers bear responsibility for their own conduct where the applicable legal requirements are met; and external partners cannot invoke labels such as "sponsor" or "service provider" to conceal independent uses of data. This approach neither presumes that all actors are jointly liable in every case nor allows an organization to place all responsibility on the person who performed the final operation.

The article's academic contribution lies in connecting purpose limitation with role allocation in an area usually approached as a matter of organizing student activities. In practical terms, the priority is not another general promise of confidentiality. It is a clear boundary between administrative and communications data, documented disclosure decisions, restricted access, and an ability to reconstruct incidents. The analysis has a limitation: its scenarios are legal hypotheticals, not findings from a survey of university policies or case files. Future research could examine how different Youth Union and Student Association structures allocate access and respond to student requests, thereby testing the proposed responsibility framework in institutional practice.

References

Balkin, J. M. (2016). Information fiduciaries and the First Amendment. *UC Davis Law Review*, *49*(4), 1183–1234.

De Hert, P., & Papakonstantinou, V. (2016). The new General Data Protection Regulation: Still a sound system for the protection of individuals? *Computer Law & Security Review*, *32*(2), 179–194. https://doi.org/10.1016/j.clsr.2016.02.006

European Parliament & Council of the European Union. (2016). *Regulation (EU) 2016/679 of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free*

© 2026 ISARC Academy

movement of such data (General Data Protection Regulation). Official Journal of the European Union, L 119, 1–88.eur-lex.europa

Gellert, R. (2018). Understanding the notion of risk in the General Data Protection Regulation. *Computer Law & Security Review, 34*(2), 279–288.

Government of Vietnam. (2025). *Decree No. 356/2025/ND-CP of 31 December 2025 detailing several articles of and measures for implementing the Law on Personal Data Protection*.

Government of Vietnam. (2026). *Decree No. 330/2026/ND-CP of 19 August 2026 on administrative penalties in the fields of cybersecurity and personal data protection*.

Ifenthaler, D., & Schumacher, C. (2016). Student perceptions of privacy principles for learning analytics. *Educational Technology Research and Development, 64*(5), 923–938. https://doi.org/10.1007/s11423-016-9477-y

Jones, K. M. L. (2019). Learning analytics and higher education: A proposed model for establishing informed consent mechanisms to promote student privacy and autonomy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16*, Article 24. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0155-0

Jones, K. M. L., Rubel, A., & LeClere, E. (2020). A matter of trust: Higher education institutions as information fiduciaries in an age of educational data mining and learning analytics. *Journal of the Association for Information Science and Technology, 71*(10), 1227–1241. https://doi.org/10.1002/asi.24327

Kuner, C., Bygrave, L. A., & Docksey, C. (Eds.). (2020). *The EU General Data Protection Regulation (GDPR): A commentary*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780198826491.001.0001

National Assembly of Vietnam. (2015). *Civil Code No. 91/2015/QH13 of 24 November 2015*.

National Assembly of Vietnam. (2025). *Law on Personal Data Protection No. 91/2025/QH15 of 26 June 2025*.

Nissenbaum, H. (2004). Privacy as contextual integrity. *Washington Law Review, 79*(1), 119–158.

Pardo, A., & Siemens, G. (2014). Ethical and privacy principles for learning analytics. *British Journal of Educational Technology, 45*(3), 438–450. https://doi.org/10.1111/bjet.12152

Prinsloo, P., & Slade, S. (2016). Student vulnerability, agency and learning analytics: An exploration. *Journal of Learning Analytics, 3*(1), 159–182. https://doi.org/10.18608/jla.2016.31.10

Prinsloo, P., & Slade, S. (2018). Student consent in learning analytics: The devil in the details? In J. Lester, C. Klein, A. Johri, & H. Rangwala (Eds.), *Learning analytics in higher education: Current innovations, future potential, and practical applications* (pp. 118–139). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203731864-6

Richards, N., & Hartzog, W. (2016). Taking trust seriously in privacy law. *Stanford Technology Law Review, 19*(3), 431–472.

Rubel, A., & Jones, K. M. L. (2016). Student privacy in learning analytics: An information ethics perspective. *The Information Society, 32*(2), 143–159. https://doi.org/10.1080/01972243.2016.1130502

Slade, S., & Prinsloo, P. (2013). Learning analytics: Ethical issues and dilemmas. *American Behavioral Scientist, 57*(10), 1510–1529. https://doi.org/10.1177/0002764213479366

Solove, D. J. (2006). A taxonomy of privacy. *University of Pennsylvania Law Review, 154*(3), 477–564.

© 2026 ISARC Academy

THE PENALTY DOCTRİNE THROUGH THE LENS OF THE THEORY OF CONTRACTUAL REMEDİES

Pham Van Vinh

Ho Chi Minh City Bar Association, Vietnam

Abstract

The penalty doctrine presents a fundamental paradox: the law recognises the parties' authority to create contractual obligations but does not fully recognise their authority to determine the consequences of breaching those obligations. Through doctrinal analysis, close examination of judicial reasoning, and critical engagement with competing theories of contractual remedies, this article tests the explanatory force of the compensatory principle. Its central concern is the relationship between compensation, protection of the performance interest, deterrence, and punishment. The article argues that compensation provides an important starting point but cannot fully explain the limits imposed on agreed remedies. Nor does the development from Dunlop to Cavendish establish a wholesale replacement of compensation by performance protection. Rather, modern case law articulates a broader framework centred on legitimate interests and gross disproportionality. On this basis, the article proposes understanding the penalty doctrine as a mechanism for controlling the legitimacy of privately designed remedial power, while maintaining a restrained approach to judicial intervention that preserves party autonomy and commercial certainty.

Keywords: Penalty doctrine; contractual remedies; damages; performance interest; legitimate interest; freedom of contract.

1. Introduction

The common law allows parties to create obligations, allocate risks, and anticipate the consequences of contractual breach, yet refuses to enforce certain agreements concerning those very consequences. The paradox does not lie in the proposition that freedom of contract has limits: all legal powers are subject to limits. Rather, the question is why agreements concerning the consequences of breach should attract a distinctive form of scrutiny when agreements concerning price or the substance of performance generally enjoy a broader sphere of autonomy. In Cavendish Square Holding BV v Makdessi; ParkingEye Ltd v Beavis

UKSC 67, at, the Supreme Court expressly distinguished the review of the fairness of contractual obligations from the control of remedies for their breach. That distinction itself requires explanation; it should not be treated as a self-justifying premise.

The traditional answer rests on the compensatory principle: damages for breach of contract compensate the promisee rather than punish the party in breach. Yet does a principle governing damages assessed by a court necessarily delimit a sum agreed by the parties in advance? Where that sum reflects the particular value of performance, difficulties in proving loss, or a risk allocation supported by consideration, refusing to enforce it may leave the promisee with less protection than it bargained for.

The research problem therefore extends beyond distinguishing liquidated damages from penalties. It concerns the grounds on which the law recognises, yet also limits, private authority to design remedies. Macneil (1962, pp. 495–498) distinguished freedom from legal restraint from the power to invoke legal sanctions. Shiffrin (2016, pp. 408–413) likewise situated remedial clauses in relation to the public role of adjudication. These approaches demonstrate that enforcing an agreement implicates not only the parties' intentions but also the legal authority they seek to enlist.

© 2026 ISARC Academy

The gap addressed by this article is theoretical: the unresolved connection between the justification for protecting contractual rights and the standard by which agreed remedies should be controlled. Replacing the language of a "pre-estimate of loss" with that of a "legitimate interest" does not, by itself, explain why a protectable interest justifies imposing a particular sum. The central question is whether, in refusing to enforce a penalty, a court is protecting the compensatory principle, prohibiting private punishment, or preserving proportionate limits on the power to design contractual remedies.

The article employs doctrinal analysis, close reading of judicial reasoning, and critical assessment of competing theories. English law is its principal focus. Australian decisions and American scholarship are used selectively, not as evidence of a uniform rule across common-law jurisdictions. This approach distinguishes what the law provides from how its rules should be explained and justified, consistently with the need to separate distinct theoretical tasks in the study of contract (Smith, 2004).

The hypothesis tested is that the compensatory principle cannot adequately explain the modern doctrine, while recognition of legitimate interests expands the scope for protecting contractual performance. The analysis accepts that hypothesis only with qualifications: the expansion has antecedents predating Cavendish, does not displace compensation, and does not itself justify every measure intended to deter breach. The article's contribution is a unified thesis: the penalty doctrine controls the exercise of privately designed remedial power where the burden imposed upon breach loses a proportionate connection with a contractual interest that merits legal protection.

2. The Penalty Doctrine within the Structure of Contractual Remedies

The sequence from contractual obligation, through breach and remedies, to damages and agreed remedies helps locate the penalty doctrine, but it should not be mistaken for a wholly linear taxonomy. Contractual remedies extend beyond monetary compensation, and agreed remedies extend beyond agreements fixing damages. In English law, an obligation to transfer property, or to transfer it at an undervalue, may fall within the doctrine: Cavendish, at. The doctrine therefore scrutinises the substantive burden imposed upon breach, rather than merely a technique for quantifying loss.

A distinction must be drawn between damages assessed by a court and agreed damages. In the former case, the court applies legal rules to determine the claimant's entitlement. In the latter, the agreement specifies in advance a sum or a formula for calculating it. As used in this article, liquidated damages denote an agreed measure of damages recognised as enforceable, whereas a penalty is a legal characterisation attracting non-enforcement under the relevant doctrine. Scholarly terminology is not entirely uniform, so this usage should be made explicit rather than assumed. Clarkson et al. (1978, p. 351) similarly use liquidated damages and penalty to distinguish outcomes concerning enforceability.

Accordingly, a "penalty clause" should not be equated with the institution of a contractual penalty under Vietnamese law. A clause labelled "liquidated damages" may nevertheless be characterised as a penalty; conversely, the label "penalty" does not determine the outcome. Lord Dunedin made this clear in Dunlop Pneumatic Tyre Co Ltd v New Garage & Motor Co Ltd

AC 79, 86. A penalty must also be distinguished from punitive or exemplary damages: the former concerns judicial control of a contractual term, while the latter denotes an award made by a court for purposes extending beyond compensation. Functional similarities do not erase differences in their legal source and operation (Weinrib, 2003).

Under the classical English approach, a term characterised as a penalty is not rewritten by the court at a reasonable level and then enforced to that extent. The promisee must instead seek damages under the general law. Non-enforcement of the clause neither extinguishes the primary obligation nor excuses liability for breach: Cavendish, at. This structure contradicts the suggestion that the doctrine simply protects a right to breach. It protects the party in breach against a particular agreed consequence while continuing to protect the infringed contractual right through another remedial route.

© 2026 ISARC Academy

The history of equitable relief against penalties helps identify the object of control. Penal bonds were undertakings executed under seal under which an obligation to pay a sum of money was defeasible upon satisfaction of a condition, commonly the performance of another obligation. The common law could enforce the sum stipulated in the bond without requiring proof of corresponding loss. Equity intervened because the stipulated sum functioned as security for another objective. Where that objective could be secured through compensation, interest, and costs, recovery of the entire penal sum was no longer permitted: Cavendish, at –. Equity here denotes a distinctive jurisdictional tradition and body of principles, not an undifferentiated appeal to fairness.

This history does not support the simple assertion that the doctrine originally addressed punishment alone. It also concerned excessive recovery, misuse of security devices, and enforcement inconsistent with the actual function of a transaction. Goetz and Scott (1977) situate the early intervention against a background of potential oppression, fraud, and informational asymmetry. Cavendish itself, at, distinguishes equity's willingness to permit a security objective to be achieved through less severe means from the common law's later refusal to give effect to an objective regarded as contrary to public policy.

Compensation nevertheless cannot be excluded from the historical account. The ability to place the creditor in an equivalent position through a monetary payment was an important basis for intervention. Andrews v Australia and New Zealand Banking Group Ltd

HCA 30, at –, also emphasises the significance of compensability to the basis of equitable intervention. The historical evidence therefore supports a narrower conclusion: compensation had an early and important role, but the control of penalties did not originate in a modern, unified theory of the limits of contractual damages.

The proposition that the penalty doctrine controls private authority to design remedies finds support in the structure of English law, particularly the distinction between primary and secondary obligations. It is not, however, a sufficient definition for every common-law jurisdiction. Andrews rejected breach of contract as an indispensable condition for engaging the doctrine; its focus was a collateral stipulation securing a primary stipulation. The proposition thus has considerable explanatory force in English law but requires broader formulation when examining the legal control of performance-securing arrangements in Australia.

3. The Theoretical Basis for Controlling Penalties: From Compensation to Protection of the Performance Interest

The compensatory principle is attractive because it supplies an apparently clear limit: a remedy protects the injured party rather than enables that party to profit from breach. In the traditional structure analysed by Farnsworth (1970), the emphasis lies on redress for the promisee rather than compelling the promisor to perform. If damages already place the promisee in the economic position that performance would have produced, any additional sum appears to lack justification. A penalty then seems to represent a functional departure: a means of redress becomes a means of imposing a detriment.

Yet "compensation" does not itself identify the interest to be compensated. The expectation interest places the injured party in the hypothetical position it would have occupied had the contract been performed; the reliance interest looks instead to the position it would have occupied had it not relied on the promise. Fuller and Perdue's (1936) distinction exposes a foundational question: why should the law protect a benefit that has not yet materialised? Even before penalties are considered, the choice of a compensatory measure depends on a conception of contractual entitlement, rather than being merely an exercise in calculating loss.

Corrective justice may answer that a contract creates a present right to future performance. Breach does not merely produce a change in the parties' assets; it infringes a right already held by the promisee. Weinrib (2003) connects expectation damages with the value of the right to contractual performance:

© 2026 ISARC Academy

compensation corrects the infringement by awarding the value of that right. On this account, protecting expectations need not amount to conferring a benefit that never belonged to the claimant.

A right to performance does not, however, entail a right to receive any sum written into the contract. Corrective justice requires a correspondence between the infringed right and the remedial liability. If the sum can be explained only by reference to the defendant's blameworthiness or a desire to inflict financial suffering, that correspondence weakens. Conversely, where the right to performance encompasses a distinctive value that is difficult to prove, equating the value of the right with the amount ordinarily awarded by a court risks turning corrective justice into a theory of underprotection.

The most direct challenge to a compensatory ceiling therefore arises from party autonomy. Why should the parties' assessment before breach yield to a court's assessment afterwards? The agreed sum may reflect particular value, evidential costs, risk, and the price accepted by the promisor for assuming that risk. Goetz and Scott (1977) demonstrate how the protection of idiosyncratic losses and the allocation of risk can support enforcement of agreed damages, rather than an automatic inference that any amount exceeding ordinary damages is unreasonable.

This argument is strongest where sophisticated commercial parties have received legal advice, negotiated substantively, and enjoyed relatively equal bargaining power. In those circumstances, intervention is less readily justified as protection against a term that one party did not understand. The court also risks depriving a party of part of the bargain: the promisee may have paid for enhanced protection but receive only the default level. Freedom of contract is then not a slogan against regulation. It is a demand that the court explain why its assessment should prevail over a negotiated choice.

Voluntary agreement nevertheless does not resolve the entire problem. Macneil (1962, pp. 495–498) explains that the power to invoke legal sanctions is not equivalent to freedom to make any undertaking. Shiffrin (2016, pp. 411–413) advances a stronger objection: a remedial clause seeks to substitute a private assessment for public judgment concerning the appropriate response to breach of a legal obligation. The basis for intervention need not therefore lie in the promisor's vulnerability; it may lie in the limits of the parties' authority to require a court to administer a particular remedy.

This objection challenges the premise that consent alone generates an entitlement to enforcement, but it does not establish the need for broad restrictions on agreed remedies. Fixing a sum does not eliminate adjudication altogether: the court must still determine contractual validity, breach, the scope of the clause, and grounds for non-enforcement. Nor is a risk-allocation agreement necessarily an act of private adjudication. The institutional approach is valuable because it preserves the law's ultimate supervisory authority. Its limitation is the risk of converting supervision into an exclusive judicial power to determine every financial consequence.

The performance interest helps identify the protection that a narrow compensatory approach may overlook. Friedmann (1995, pp. 629–630) treats receipt of the promised performance as a central interest protected through both direct and substitutionary remedies. Webb (2006) distinguishes the interest in obtaining performance from the interest in compensation for loss caused by non-performance. Receiving compensation is not identical to receiving performance, even though the two may be economically close substitutes in many transactions.

A false opposition between the performance interest and compensation must nevertheless be avoided. Expectation damages also protect the value of performance; they do not merely reimburse expenditure already incurred. A genuine extension arises only where the interest in performance is not fully reflected in damages recoverable under ordinary rules. An amount exceeding conventional compensation is therefore not necessarily punitive. It may address the gap between the actual value of the promise and the value that evidential and quantification rules permit a court to recognise.

The performance interest is not, however, a licence for every measure intended to secure compliance. It identifies the object of protection but does not determine the permissible intensity of protection. If the value of keeping promises were sufficient to validate any stipulated sum, the penalty doctrine could be

© 2026 ISARC Academy

neutralised through its own vocabulary. An independent assessment of the relationship between the protected interest and the means of protection remains necessary.

Economic analysis approaches the intensity of protection through opportunity costs. Under the theory of efficient breach, an excessive stipulated sum may induce a promisor to continue performance whose cost exceeds its value, or to forgo an opportunity to redirect resources to a more valuable use. That conclusion, however, depends on the substitute award fully reflecting the loss and on the proposed reallocation generating no unaccounted-for costs. If particular value remains uncompensated, "efficiency" may amount merely to a gain for the party in breach financed by a loss that the law fails to recognise.

Moreover, optimising the decision whether to breach after contracting should not be equated with the efficiency of the transaction as a whole. A substantial financial commitment may encourage relationship-specific investment, reduce monitoring costs, and enhance the credibility of a promise. At the level of economic modelling, Edlin and Schwartz (2003) show that sanctions exceeding the expectation measure may be efficient or inefficient depending on the function they serve. This undermines a mechanical inference from "supracompensatory" to "inefficient"; it does not establish that every supracompensatory sum should be enforced.

The possibility of renegotiation also weakens the claim that penalties necessarily obstruct an efficient allocation of resources. Where releasing an obligation produces a joint surplus, the parties may agree to terminate or modify their arrangement. Renegotiation nevertheless entails costs and may create opportunities for hold-up. Conversely, refusing to enforce the stipulated sum may allow the party in breach to appropriate gains from breaking its commitment. Clarkson et al. (1978) also examine the incentives of a party entitled to stipulated damages to facilitate the other party's breach surreptitiously. Opportunism may arise on either side; efficiency supplies no single answer.

Friedmann (1989) subjects efficient breach to theoretical criticism. At the behavioural level, Wilkinson-Ryan (2010) finds that clauses specifying the consequences of breach can increase willingness to breach in experimental settings. That finding does not establish which legal rule is optimal. It does, however, caution that the effects of agreed damages depend on how individuals understand their commitments, not merely on the size of the payment. A clause may be understood as the price of an entitlement to exit rather than a threat designed to secure compliance.

Deterrence is therefore not synonymous with punishment. Deterrence concerns the effect on behavioural choices; punishment concerns the basis and function of the detriment imposed. Reasonable compensatory damages can themselves deter breach. A higher stipulated sum may also protect performance value that is difficult to quantify. Conversely, the existence of consideration does not necessarily remove a sum's punitive character if imposing a detriment on the party in breach becomes an end in itself.

The legitimate interest concept consequently offers a useful but incomplete bridge. It permits inquiry into what the clause protects beyond conventionally recoverable loss; proportionality then asks how far that protection may extend. This article proposes the following boundary: deterrence is justified where it serves an identifiable contractual interest and the burden imposed is not grossly excessive in relation to the protection of that interest. Punishment becomes problematic where the detriment can no longer be persuasively explained by that protective relationship. This is a normative conclusion to be tested against the cases, not a definition that the cases have conclusively settled.

4. The Development of the Penalty Doctrine from Dunlop to Cavendish

Reading Dunlop as establishing a single test of whether a clause represents a genuine pre-estimate of loss impoverishes the decision. Lord Dunedin distinguished a penalty from a genuine pre-estimate of damage agreed by the parties. Yet his indicia also addressed whether the sum was "extravagant and unconscionable" compared with the greatest loss that could conceivably be proved, whether one sum applied to breaches of differing seriousness, and whether the loss was difficult to estimate. Significantly,

© 2026 ISARC Academy

the near impossibility of precise estimation did not preclude recognition of the clause; it might be the very reason for agreeing it: Dunlop

AC 79, 86–88.

That reasoning combines compensation with respect for private valuation. Had the court required precise correspondence with provable loss, the clause in Dunlop would have been difficult to uphold. Lord Dunedin recognised that the manufacturer's loss was indirect and that predicting the loss attributable to each individual sale was impossible. The stipulated sum was upheld not because it reproduced an exact calculation but because, in the circumstances, there was no reason to regard it as excessive.

In Cavendish, at –, the Supreme Court criticised the transformation of Lord Dunedin's indicia into an almost statutory code. In particular, it restored the significance of Lord Atkinson's reasoning concerning the brand, commercial reputation, and distribution system in Dunlop. The protected interest was not confined to the immediate loss arising from a single sale. This was nevertheless also a reinterpretation by the Supreme Court in 2015: the fact that Cavendish identified antecedents of legitimate interest does not establish that every judge in Dunlop adopted the same theoretical foundation.

The decisive development lay in the express articulation of a broader standard. At, Lord Neuberger and Lord Sumption asked whether the secondary obligation imposed a detriment on the contract-breaker out of all proportion to any legitimate interest of the innocent party in enforcing the primary obligation. The fact that a clause was not a pre-estimate of loss was consequently insufficient to establish that it was a penalty. DiMatteo (2017, pp. 1846–1849) regards the decision as a substantial liberalisation but criticises the complexity and lack of guidance produced by retaining the traditional framework.

Legitimate interest should not be understood as an interest that is merely lawful. An interest may not be prohibited and yet remain insufficient to justify a particular sanction. The concept performs an evaluative function: it identifies interests that warrant protection through the agreed consequence. In Cavendish, protecting the value of the business and its goodwill through non-compete commitments located the clauses within the structure of the sale transaction, rather than solely within a post-breach calculation of loss. The classification of obligations as primary or secondary also became an important part of the dispute (DiMatteo, 2017).

That distinction both safeguards freedom of contract and creates a point of vulnerability. If the payment forms part of a conditional primary obligation, the doctrine is not engaged under English law; if it is a consequence of breaching a primary obligation, it may be scrutinised. Cavendish, at –, acknowledges the implications of transactional structuring but emphasises substance over labels. Not every obligation triggered by an adverse event can therefore be treated as secondary. Equally, the doctrine cannot be avoided merely by relabelling a payment as a price adjustment.

ParkingEye carried legitimate interest beyond the context of sophisticated commercial negotiation. The £85 charge for overstaying was upheld although it did not represent an estimate of the direct financial loss arising from each instance. Managing turnover of parking spaces and sustaining the service model supplied broader grounds for protection. This is clearer evidence of the limits of a narrow compensatory explanation. It does not, however, establish that every charge intended to finance a business model is legitimate. The operational interest must be connected to the particular charge; otherwise, legitimate interest becomes circular: the charge must be enforced because the business model depends on it (Morgan, 2016; DiMatteo, 2017).

The contrast with Andrews demonstrates that the doctrine has not developed along a single trajectory. Andrews, at – and –, extended the gateway to scrutiny beyond breach of a contractual obligation. By contrast, Cavendish, at –, retained the English doctrine's connection with a secondary obligation arising upon breach. Australia broadened the class of arrangements potentially subject to scrutiny; England broadened the interests capable of justifying a clause once the doctrine was engaged. These distinct developments should not be collapsed into a uniform process of "modernisation".

Did Cavendish, then, abandon the compensatory principle? More precisely, it abandoned compensation's exclusivity as the standard for assessing agreed remedies, not its central position in the

© 2026 ISARC Academy

ordinary law of damages. Nor did it convert every agreed remedy into liquidated damages in a compensatory sense. The existence of enforceable clauses justified on grounds other than a pre-estimate of loss demonstrates that the binary of "compensation or penalty" does not exhaust the possibilities.

The expression "out of all proportion" accordingly incorporates proportionality without establishing a multi-stage proportionality test of the kind associated with public law. It indicates a threshold higher than ordinary imbalance; it does not instruct courts to identify the least restrictive alternative or the optimal monetary amount. The comparison is between the burden and the protected interest, not merely between the sum and the loss. Legitimate interest supplies the reference point; proportionality limits the intensity of protection. Both concepts nevertheless require theoretical supplementation, because their judicial adoption does not itself establish that a particular assessment is justified.

5. The Penalty Doctrine and the Limits of Private Remedial Design

Understanding the penalty doctrine as a "prohibition of punishment" has moral appeal but limited classificatory power. If punishment is identified solely by reference to an amount exceeding compensation, that account cannot explain ParkingEye. If it is identified by an intention to deter, the account excludes reasonable devices for protecting performance. If punishment is defined as an unjustified detriment, it merely renames the problem without resolving it.

Understanding the doctrine as the "control of grossly disproportionate contractual remedies" is more persuasive, provided that remedial legitimacy is established first. Proportionality cannot meaningfully be assessed against an interest described merely as a desire to secure compliance at any cost. The appropriate structure is party autonomy—remedial legitimacy—proportionality: autonomy supplies an initial reason for enforcement; remedial legitimacy identifies the object of protection; proportionality determines the permissible limits of the means employed.

This position rejects an unlimited power to design remedies, but it also rejects any presumption that courts value contractual performance better than the parties. The institutional considerations emphasised by Shiffrin (2016) explain why the law must retain ultimate supervisory authority. Supervision does not, however, require courts to revalue the entire transaction. The protection of idiosyncratic loss and the allocation of risk in Goetz and Scott's (1977) analysis provide independent reasons to attach substantial weight to the agreement.

Judicial intervention should be less intensive where sophisticated commercial parties have received advice and engaged in substantive negotiation. This is not an exemption based on commercial status: large and small businesses may differ substantially in their capacity to value risks, negotiate, and obtain information. What matters is the actual quality of the contracting process. Cavendish likewise attached considerable weight to negotiation between capable, advised parties without abolishing the penalty rule for commercial contracts (DiMatteo, 2017).

The proposed restraint can be expressed through requirements of justification rather than a fixed monetary ratio. A court should identify the clause's actual economic and legal function, specify the interest protected by the stipulated sum, and explain why the disparity is so serious that it falls outside the permissible range of valuation and risk allocation. Evidential difficulty, particular value, pricing structure, and the interdependence of obligations are all relevant. By contrast, a desire to make the counterparty "afraid to breach" is insufficient in itself: it does not identify the interest justifying the particular detriment.

An excessively broad understanding of legitimate interest could nevertheless permit courts to uphold almost any sum through a plausible commercial narrative. An excessively open-ended proportionality inquiry could, conversely, become a general power to review contractual substance. DiMatteo's (2017, pp. 1848–1849) criticism of the lack of guidance after Cavendish should therefore be treated as a substantive warning, not merely a technical concern. To preserve certainty, courts must make their benchmark explicit and must not equate their view that a sum is "high" with a conclusion that it is grossly disproportionate.

© 2026 ISARC Academy

The temporal perspective must also remain clear. English law assesses the character of a clause at the time of contracting rather than simply by reference to the loss actually sustained upon breach: Dunlop, 86–87; Cavendish, at. That choice is consistent with the function of allocating risk. If every stipulated sum had to correspond to actual loss, agreed damages would lose much of their value. This article therefore does not propose a general power of post-breach adjustment in the name of proportionality; restrictions arising under other rules must be analysed separately.

Finally, the normative foundation must be distinguished from the doctrine's existing mode of operation. English law generally refuses to enforce a penalty and leaves the promisee to ordinary damages; it does not provide a general mechanism automatically reducing the sum to a proportionate level. A theory concerned with excess may question whether that consequence is unduly rigid, but it does not justify misdescribing the current law. This article defends the existence of control while acknowledging that the choice between non-enforcement and adjustment is a separate question requiring justification.

The penalty doctrine, on this account, is directed neither against securing performance nor against deterrence as such. It prevents the authority to create obligations from becoming an authority to demand that the law impose a detriment no longer proportionately explicable by reference to contractual interests. Within the theory of remedies, the doctrine occupies the boundary between the rights created by contract and the public power enlisted to protect them.

6. Conclusion

The theoretical and doctrinal analysis confirms the initial hypothesis only in part. The compensatory principle remains important both historically and within the modern structure, but it cannot explain the control of agreed remedies in its entirety. There was, however, no simple transition from a "compensation-only" Dunlop to a "performance-protecting" Cavendish. Dunlop already accommodated indirect and difficult-to-quantify loss, as well as the parties' evaluative judgment. Cavendish clarified and expanded the available grounds of justification rather than wholly replacing an earlier foundation.

The performance interest explains why a sum exceeding ordinary damages is not necessarily punitive. Corrective justice explains the need to connect the remedy to the infringed right but does not itself determine the monetary value of that right. Efficient breach warns against overdeterrence but depends on assumptions concerning full compensation, transaction costs, and incentives. Freedom of contract supplies powerful reasons to respect risk allocation but does not itself generate an entitlement to invoke every form of legal sanction.

The most persuasive justification is the control of remedies that are grossly disproportionate to legitimate contractual interests. This understanding preserves distinctions among compensation, performance protection, deterrence, and punishment without assuming that they are mutually exclusive categories. Deterrence may be a legitimate means of protection; punishment becomes problematic where the detriment is detached from the protection of the promisee's rights and interests.

The legitimate limit of judicial intervention is therefore a requirement of reasoned control, not a general authority to reconsider the fairness of the bargain. Particularly in substantively negotiated contracts between sophisticated parties, courts should leave considerable room for private valuation. Ultimately, the penalty doctrine affirms a principle: the authority to create an obligation does not entail an unlimited authority to determine how the law must respond when that obligation is breached.

Cases

Andrews v Australia and New Zealand Banking Group Ltd [2012] HCA 30, (2012) 247 CLR 205.

Cavendish Square Holding BV v Makdessi; ParkingEye Ltd v Beavis [2015] UKSC 67, [2016] AC 1172.

Dunlop Pneumatic Tyre Co Ltd v New Garage & Motor Co Ltd [1915] AC 79 (HL).

© 2026 ISARC Academy

References

Clarkson, K. W., Miller, R. L., & Muris, T. J. (1978). Liquidated damages v. penalties: Sense or nonsense? *Wisconsin Law Review, 1978*, 351–390.

DiMatteo, L. A. (2017). An examination of judicial reasoning—When a penalty is not a penalty. *The George Washington Law Review, 85*(6), 1846–1903.

Edlin, A. S., & Schwartz, A. (2003). Optimal penalties in contracts. *Chicago-Kent Law Review, 78*(1), 33–54.

Farnsworth, E. A. (1970). Legal remedies for breach of contract. *Columbia Law Review, 70*(7), 1145–1216.

Friedmann, D. (1989). The efficient breach fallacy. *The Journal of Legal Studies, 18*(1), 1–24.

Friedmann, D. (1995). The performance interest in contract damages. *Law Quarterly Review, 111*, 628–654.

Fuller, L. L., & Perdue, W. R., Jr. (1936). The reliance interest in contract damages: 1. *The Yale Law Journal, 46*(1), 52–96.

Goetz, C. J., & Scott, R. E. (1977). Liquidated damages, penalties and the just compensation principle: Some notes on an enforcement model and a theory of efficient breach. *Columbia Law Review, 77*(4), 554–594.

Macneil, I. R. (1962). Power of contract and agreed remedies. *Cornell Law Quarterly, 47*(4), 495–528.

Morgan, J. (2016). The penalty clause doctrine: Unlovable but untouchable. *The Cambridge Law Journal, 75*(1), 11–14.

Shiffrin, S. V. (2016). Remedial clauses: The overprivatization of private law. *Hastings Law Journal, 67*(2), 407–442.

Smith, S. A. (2004). *Contract theory*. Oxford University Press.

Webb, C. (2006). Performance and compensation: An analysis of contract damages and contractual obligation. *Oxford Journal of Legal Studies, 26*(1), 41–71.

Weinrib, E. J. (2003). Punishment and disgorgement as contract remedies. *Chicago-Kent Law Review, 78*(1), 55–103.

Wilkinson-Ryan, T. (2010). Do liquidated damages encourage breach? A psychological experiment. *Michigan Law Review, 108*(5), 633–674.

© 2026 ISARC Academy

BEYOND STEWARDSHIP: NON-HUMAN AGENCY IN BIBLICAL HEBREW AS A FOUNDATION FOR ECOLOGICAL CHRISTIAN RELIGIOUS EDUCATION

Sozanolo TELAUMBANUA

Sekolah Tinggi Teologi Setia Jakarta, Department of Theology, Jakarta, Indonesia

ORCID: https://orcid.org/0009-0000-7673-5087

Desi SIANIPAR

Universitas Kristen Indonesia, Doctor of Christian Religious Education, Jakarta, Indonesia

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6975-9926

ABSTRACT

Over the past decade, ecotheological discourse has shifted from defending the ecological relevance of religious texts toward an eco-theopolitical paradigm that recognizes the agency of more-than-human beings. Nevertheless, mainstream biblical and theological scholarship continues to frame humanity primarily as steward of creation, thereby preserving an implicit anthropocentric perspective. This study seeks to deconstruct this bias by examining how the lexical and semantic structures of Biblical Hebrew portray non-human entities, such as the soil (’adamah), trees, the sea, and wildlife, as active subjects endowed with intrinsic agency rather than passive objects of human use. Furthermore, the study explores the theological implications of these findings as a conceptual foundation for Ecological Christian Religious Education. This study employs a descriptive qualitative approach based on library research. The primary data consist of selected texts from the cosmic poetry and prophetic corpus of the Hebrew Bible, particularly the Books of Job, Psalms, Isaiah, and Jeremiah. The findings show that biblical Hebrew portrays non-human creation as active subjects with intrinsic value and direct relationships with God. Psalm 104 highlights the interdependence of creation and God’s sustaining care, while Jeremiah 23:10 connects ecological degradation with human moral and covenantal failures. Isaiah 1–39 links ecological destruction, divine judgment, and the restoration of all creation. These findings challenge anthropocentric stewardship and provide a theological foundation for ecological Christian Religious Education through embodied learning, ecological justice, and a commitment to the flourishing of all creation.

Keywords: Ecological Semantics, Non-Human Agency, Old Testament, Stewardship, Christian Religious Education

1. INTRODUCTION

From the perspective of Christian theology, various understandings of the relationship between God, humanity, and creation have significantly influenced how humans treat the natural environment. Over the past five decades, eco-theological discourse, both in biblical studies and mainstream theology, has tended to position humans primarily as stewards of creation, implicitly maintaining an anthropocentric perspective (Conradie, 2020). This role of humans as caretakers of nature nevertheless leaves open the possibility that humans may continue to dominate and even oppress the natural world.

As response to this tendency, several ecological perspectives have emerged to address and correct it. Conradie (2020), for example, argues that the church needs to undertake a Dual Critique: critically examining its own anthropocentric ecological teachings while also challenging human actions that damage the natural environment. In addition, the church is called to undertake a Dual Constructive Task:

© 2026 ISARC Academy

renewing its internal understanding of ecology and actively participating in interdisciplinary public discourse on ecological sustainability (Conradie, 2020).

Nevertheless, this line of thought continues to place humans hierarchically above other forms of creation, thereby retaining an anthropocentric tendency. Such a position risks encouraging humans to dominate or act unjustly toward non-human creation. Consequently, alternative perspectives have emerged that seek to decentre humans as the primary subjects in relation to the environment by incorporating *more-than-human subjects*. Korsant (2022) argues that an embodied approach is needed to engage *more-than-human subjects* and cultivate ecological awareness through learners' lived experiences. Accordingly, contemporary ecotheological paradigms are shifting from anthropocentrism toward an ecocentric or *more-than-human* orientation (Korsant, 2024).

In this paradigmatic transition, an embodied approach invites humans to experience and treat nature not merely as an object, but as fellow living subjects whose existence is encountered in tangible, lived experience. Against this background, this study aims to deconstruct anthropocentric bias by examining how the lexical and semantic structures of biblical Hebrew portray non-human entities, such as the earth (*'adamah*), trees, the sea, and wild animals, as active subjects endowed with intrinsic agency rather than as passive objects intended for human use. The study also explores the theological implications of these findings as a conceptual foundation for Ecological Christian Religious Education.

2. MATERIAL AND METHODS

This study employs a descriptive qualitative approach based on library research. The primary data consist of selected Old Testament texts, particularly from the Books of Job, Psalms, Isaiah and Jeremiah. These texts are analyzed using lexical-semantic analysis combined with critical ecological hermeneutics to identify linguistic and theological expressions of non-human agency in biblical Hebrew.

3. RESULTS AND DISCUSSION

These findings reveal various approaches to understanding ecology that prioritize the non-human world as an active agent in communicating the will of God. Several findings are presented below.

The semantic structures of biblical Hebrew inherently attribute linguistic agency to the non-human world. Through an analysis of verb collocations and syntactic functions, this study demonstrates that the earth (*'adamah*) is portrayed as mourning, while non-human creatures actively teach, sustaining a theocentric covenantal relationship with God that is direct and independent of human mediation. In Job 12:7–10, Job instructs Zophar to "ask the animals," "speak to the earth," and so forth. Animals, birds, the earth, and fish are depicted as active subjects that impart knowledge and serve as sources of divine wisdom, rather than merely as passive objects or resources for human use. This interpretation is reinforced by a literary analysis of Hebrew verbs such as שאל (*sha'al*, "to ask") and שיח (*siach*, "to speak"), strengthening the argument that the text challenges the hierarchical view of humanity as superior to nature (Budikey, 2023). In this regard, Budikey employs an ecological hermeneutical approach that seeks to read biblical texts from the perspective of the earth and non-human creatures, rather than from an anthropocentric standpoint.

Samuel Oluwasegun draws on the value-based approaches developed by Richard Bauckham, Norman Habel, and Celia Deane-Drummond, which affirm that all creation has value before God, not merely because it is useful to humans, but because every creature is part of God's community of creation. Trees, birds, wild animals, the sea, mountains, water sources, and celestial bodies all have their place and function within the created order. Psalm 104 depicts God providing water sources for living creatures, causing vegetation to grow as food, providing shelter for birds, and establishing habitats for wild animals. These depictions demonstrate that life exists through interconnected relationships. The survival of any creature is related to the availability of water, vegetation, habitats, and other environmental conditions. Therefore, non-human ecology cannot be understood by examining individual species in

© 2026 ISARC Academy

isolation; rather, it requires attention to the relationships that enable all creation to flourish. Non-human creatures possess intrinsic value, meaning that their value does not depend on their usefulness to humans. Psalm 104:26 portrays God's delight in the diversity of creation. Not every creature should be evaluated according to its utility or the benefits it provides to humans. Wild animals and marine life also have their place in the world intended by God. All creation depends on God's sustaining care, as demonstrated in Psalm 104:27–30. All creatures look to God for their food, and when God gives them breath or the spirit of life (*ruakh*), they live; when God renews the face of the earth, life begins anew. In this understanding, God's sustaining care is not limited to humanity but encompasses the entire ecological community. Oluwasegun also emphasizes that non-human creation glorifies God through its very existence and through the functions it performs within the created order. Psalm 104 portrays nature as part of the praise offered to God. This does not necessarily mean that animals, plants, or natural elements worship consciously in the same way that humans do. Rather, creation glorifies God when its existence reflects the wisdom of the Creator and fulfills its role in sustaining life. Thus, humanity is not the only part of creation that matters in God's relationship with the world. Instead, humans are members of a much broader community of creation (Samuel Oluwasegun, 2026).

Christina L. Bohn adopts a synchronic approach to reading and interpreting biblical texts. Through this approach, Bohn interprets the text in its present form, paying attention to the relationships among its various parts and the overall theological message it conveys. This approach differs from the diachronic approach, which places greater emphasis on the historical formation of the text, the development of traditions, and the process of editorial revision. This does not mean that Bohn disregards diachronic elements, particularly their significance in tracing the development of God's people's theological (Bohn, 2024). thought One of the biblical texts she examines is Isaiah 1–39.

Bohn emphasizes that Isaiah 1–39 establishes a connection between sin, the condition of non-human creation, divine judgment, and the hope of restoration. Her central argument is that the eschatological hope presented in the Book of Isaiah must be understood in ecological terms. This means that God's promised future restoration concerns not only human salvation or the restoration of relationships among humans, but also the entirety of non-human creation.

Bohn also highlights that Isaiah 1–39 presents ecological degradation as inseparable from human sin and injustice. The ecological crisis can be understood as part of a crisis in the relationship between God, humanity, and creation, affecting the entire order of God's creation. Accordingly, restoration has an ecological dimension: degraded natural environments can be renewed, barren lands can become fertile, and human and non-human life can flourish in greater harmony. Bohn identifies several passages in Isaiah 1–39 that are important for understanding this argument. Isaiah 11:1–10 depicts a peaceful order of life, including relationships among different kinds of animals, and portrays the earth as being filled with the knowledge of God. Isaiah 24:1–20 presents the devastation of the earth in connection with human transgression. In contrast, Isaiah 30:18–26 and 35:1–10 depict restoration characterized by fertility, the availability of water, and the rejoicing of nature. Together, these four passages demonstrate the relationship between human actions, divine judgment, and the hope for the restoration of creation. Through an ecological reading of Isaiah, Bohn seeks to demonstrate that creation occupies an important place in God's work of judgment and restoration. Therefore, the eschatological hope expressed in Isaiah can provide a theological foundation for understanding environmental care not merely as a social or ecological concern, but as an integral part of God's relationship with all creation (Bohn, 2024).

In Jeremiah 23:10, the expression "the earth mourns" (ʾāḇəlāh hāʾāreṣ) semantically depicts the personification of nature as experiencing withering, drought, and physical devastation as a consequence of human moral decline and covenant violations. From an ecological perspective, this clause demonstrates the close interconnectedness between the ethical-religious order of human life and ecological integrity. A semantic exegesis of this verse underscores that environmental and ecosystem degradation can be understood as a manifestation of human moral failure and ecological unfaithfulness toward the Creator. (Wessels, 2020).

These findings demonstrate that the relationship between humans and nature in biblical Hebrew extends beyond a hierarchical framework of stewardship and instead reflects an interdependent cosmic

© 2026 ISARC Academy

community. Therefore, biblical Hebrew offers a premodern ecological paradigm that challenges the superiority implied by anthropocentric language while enriching contemporary ecotheological discourse.

This study argues that these insights provide a strong theological foundation for Christian Religious Education (CRE) by encouraging a shift from stewardship-centered pedagogy toward an ecological pedagogy that fosters an awareness of humans as participants in God's covenantal community alongside non-human creation. Such a paradigm has significant implications for curriculum development and educational practices that promote ecological justice, relational responsibility, and the flourishing of all creation.

4. CONCLUSIONS

Biblical Hebrew portrays non-human entities, such as the earth, trees, and animals, as active subjects that relate directly to God, extending beyond the anthropocentric paradigm of stewardship. These findings affirm the existence of an interdependent cosmic community encompassing humans and all creation, while providing a theological foundation for a more ecological pedagogy in Christian Religious Education (CRE). CRE curricula should integrate the perspective of more-than-human agency through an embodied learning approach, while the church continues to critically examine and correct anthropocentric ecological teachings. Further research is recommended to extend the analysis to other Old Testament books and empirically examine the implementation of this ecological pedagogy.

REFERENCE

Bohn, C. L. (2024). *In the Faculty of Humanities*. University of Manchester.

Budikey, H. T. (2023). *"Speak to the Earth": An Ecological and Literary Reading of Job 12:7-10*.

Conradie, E. (2020). The Four Tasks Of Chrıstıan Ecotheology: Revısıtıng The Current Debate. *Scriptura*, *119*(1). https://doi.org/10.7833/119-1-1566

Korsant, C. (2024). A Freirean ecopedagogy or an imposition of values? The pluriverse and the politics of environmental education. *Globalizations*, *21*(2), 370–387. https://doi.org/10.1080/14747731.2022.2038830

Samuel Oluwasegun, K. (2026). SINGING WITH CREATION: AN ECO-THEOLOGICAL AND LITURGICAL EXEGESIS OF PSALM 104. *Biblical Studies Journal*, *08*(03), 01–14. https://doi.org/10.54513/BSJ.2026.8301

Wessels, W. J. (2020). The Earth Mourns: Interconnectedness of Yahweh, People and Land in Jeremiah 23:10 and 15. *Old Testament Essays*, *33*(2). https://doi.org/10.17159/2312-3621/2020/v33n2a9

© 2026 ISARC Academy

AI-MEDIATED ROLE-PLAY AND L2 INTERACTIONAL COMPETENCE IN ENGLISH FOR SPECIFIC PURPOSES: A CRITICAL NARRATIVE REVIEW

Le Thi Minh Que[1], C. Vairavan[2]

[1] PhD Research Scholar, Department of English, Academy of Maritime Education and Training (AMET), Chennai, India.

Senior Lecturer, Banking Academy of Vietnam, Hanoi, Vietnam.

ORCID: 0009-0008-7069-3750

[2] Associate Professor and Head, Department of English, Academy of Maritime Education and Training (AMET), Chennai, India.

ORCID: 0000-0002-6199-3320

Corresponding and Presenting Author: Le Thi Minh Que

ABSTRACT

Generative artificial intelligence (GenAI) offers new opportunities for conversational practice in English for Specific Purposes (ESP), but successful AI-supported interaction does not necessarily demonstrate the development of second-language (L2) interactional competence (IC). This critical narrative review synthesises theoretical and empirical scholarship to examine what AI-mediated role-play affords, how interlocutor behaviour shapes learner participation, and what evidence can support developmental claims beyond AI-supported encounters. The analysis addresses four interrelated IC domains: turn management, contingent responsiveness, clarification and repair, and collaborative task progression. It critically distinguishes opportunities created by tasks and interlocutors from practices enacted by learners, noting how AI scaffolding, accommodation, and conversational initiative may both facilitate participation and obscure learner contributions. Across heterogeneous studies, reported pragmatic gains, successful task completion, and elicited interactional practices cannot be treated as equivalent to sustained IC development. The review therefore advances an assessment-oriented conceptual framework connecting ESP task ecology, interactional opportunities, learner-enacted practices, and evidence across interlocutors and contexts. It identifies implications for authentic task design, interlocutor comparability, sequential analysis, and longitudinal human–human assessment, while recognising the limits of a purposively selected evidence base. The framework provides a conceptual and methodological foundation for evaluating AI-mediated ESP role-play across diverse higher education contexts and investigating the development and maintenance of L2 interactional competence.

Keywords: AI-mediated role-play; L2 interactional competence; English for Specific Purposes; human–human interaction; conversational agents.

1. INTRODUCTION

English for Specific Purposes (ESP) education aims to prepare learners to accomplish meaningful academic and professional tasks, rather than merely acquire specialised vocabulary. In banking and business communication, for example, employees may need to explain service conditions, respond to customer concerns, clarify misunderstandings, and negotiate appropriate solutions. Such encounters require not only linguistic accuracy and fluency but also the ability to organise interaction collaboratively and respond to emerging communicative demands (Dudley-Evans & St John, 1998; Young, 2011).

Generative artificial intelligence (GenAI) has expanded opportunities for conversational practice by enabling learners to engage in simulated professional interactions beyond the classroom. AI-mediated

© 2026 ISARC Academy

role-play can provide repeated practice with customers, colleagues, or other professional interlocutors. However, the AI interlocutor actively shapes the interaction through its responses, prompts, and accommodation of learner difficulties. A conversation may therefore progress successfully partly because the system anticipates intentions, accepts incomplete responses, or supplies interactional support that a human interlocutor might not provide.

This raises a fundamental question about the interpretation of learner performance. From a situated perspective, second-language (L2) interactional competence (IC) is not simply an individual ability to produce appropriate utterances; it is demonstrated through the coordinated management of social action with an interlocutor (Hall et al., 2011; Kasper & Wagner, 2011; Young, 2011). Consequently, successful performance during AI-supported role-play cannot, by itself, establish that learners can mobilise relevant interactional practices in subsequent human–human communication.

Existing research provides valuable but methodologically diverse evidence concerning AI-mediated language practice, pragmatic learning, interactional performance, and assessment. Studies differ in their interlocutor configurations, communicative tasks, outcome measures, and temporal designs. These differences complicate attempts to interpret findings about successful AI-supported interaction as evidence of sustained L2 interactional competence development. A critical synthesis is therefore needed to distinguish what existing studies establish from claims that require further empirical investigation, particularly in ESP contexts where task authenticity and professional communication demands are central.

Against this background, the present review critically examines the pedagogical affordances and methodological challenges of AI-mediated role-play, with particular attention to the relationship between interactional opportunities, learner contributions, and assessment evidence. It is guided by three research questions:

RQ1. Which interactional practices can AI-mediated role-play elicit in ESP contexts?

RQ2. How does AI interlocutor behaviour shape learners' opportunities to demonstrate these practices?

RQ3. What evidence would support claims of L2 interactional competence development beyond AI-supported practice, particularly in subsequent human–human ESP interaction?

By integrating scholarship on L2 interactional competence, conversation analysis, task-based language teaching, ESP pedagogy, and AI-supported interaction, this review develops an assessment-oriented synthesis of the conditions under which learner performance can be meaningfully interpreted. Its contribution lies in clarifying the distinction between opportunities created by AI, practices enacted by learners, and evidence of development across interactional contexts. The resulting analysis informs the design and assessment of future empirical research without presuming beneficial effects or transfer from AI-mediated practice to human–human communication.

2. RESEARCH AND FINDINGS

2.1. Review Design, Search and Scope

This paper adopts a critical narrative review to examine the pedagogical affordances and assessment challenges of AI-mediated role-play in English for Specific Purposes (ESP). Rather than estimating an overall intervention effect, the review evaluates how existing research informs interpretations of second-language (L2) interactional competence, particularly the distinction between AI-supported performance and evidence of development in subsequent human–human interaction.

Relevant scholarship was identified through targeted searches of publicly accessible publisher and ERIC records, supplemented by reference tracking. Search terms covered L2 interactional competence, turn-taking, repair, conversational agents, generative AI, role-play, and ESP. Sources were selected purposively for their theoretical relevance or empirical contribution to AI-mediated interaction, interactional competence assessment, task-based language learning, and professional communication.

© 2026 ISARC Academy

Foundational studies were retained where necessary to establish conceptual and methodological perspectives.

The synthesis distinguishes three types of evidence: intervention studies examining changes following practice; elicitation and assessment studies comparing interlocutors or task conditions; and theoretical or methodological studies informing construct definition and interpretation. Empirical studies were critically compared in terms of participants, context, task design, interlocutor behaviour, outcome measures, temporal scope, and alternative explanations. Particular attention was given to whether the research design supported claims about interactional performance, learning, or longer-term development. Findings concerning pragmatic appropriateness or task completion were not treated as equivalent to evidence of broader L2 interactional competence development.

Consistent with principles for evaluating narrative reviews (Baethge et al., 2019), the review makes its interpretive scope explicit. The search was purposive rather than exhaustive, and authenticated comprehensive searches of Scopus and Web of Science were not completed. Accordingly, the synthesis does not claim systematic coverage, pooled effects, or the absence of relevant studies beyond the selected literature. Its contribution lies in critically integrating available evidence to identify assessment challenges, clarify methodological priorities, and inform future empirical research on AI-mediated ESP role-play.

2.2. Theoretical Foundations and Conceptual Framework

Second-language (L2) interactional competence (IC) concerns the resources through which participants jointly organise and accomplish social actions in interaction. Rather than residing solely in an individual's linguistic knowledge or speaking fluency, IC is demonstrated through participants' situated management of turns, responses, repair, and the progression of communicative activities (Hall et al., 2011; Young, 2011). These practices are interdependent and shaped by the unfolding interaction. Consequently, the same linguistic expression may constitute an appropriate response in one sequence but fail to address the interlocutor's concern in another.

Conversation analysis (CA) provides a methodological perspective for examining this situated organisation of interaction. It considers how actions are made recognisable through their sequential placement, how participants respond to preceding turns, and how subsequent contributions display their understanding of prior actions (Kasper & Wagner, 2011). This perspective is particularly relevant to AI-mediated role-play because an apparently successful exchange may depend partly on the interlocutor's accommodation rather than the learner's demonstrated interactional resources. Sequential analysis can therefore identify who initiates relevant actions, how communication difficulties are addressed, and how participants jointly accomplish the task. Such evidence can inform the interpretation of analytic ratings, although it does not independently establish assessment validity or developmental change.

Task-based language teaching (TBLT) complements this interactional perspective by emphasising purposeful, meaning-oriented activities in which learners use language to accomplish communicative goals (Ellis, 2003; Long, 2015). In English for Specific Purposes (ESP), the relevance of these activities depends on their relationship to identifiable academic or professional communication needs (Dudley-Evans & St John, 1998). For example, banking and business role-plays may involve explaining service conditions, responding to customer objections, or negotiating practical solutions. Their pedagogical authenticity depends less on specialised terminology or technological realism than on whether they elicit consequential communicative choices, information gaps, and opportunities for clarification or disagreement.

These perspectives also reveal a conceptual tension in AI-mediated role-play. AI interlocutors can create opportunities for repeated practice, but their conversational behaviour forms part of the interactional environment rather than a neutral delivery mechanism. A highly accommodating system may sustain participation while reducing the need for learners to initiate clarification, manage resistance, or negotiate alternative actions. Conversely, a less accommodating system may create additional interactional

© 2026 ISARC Academy

demands, some of which may reflect technological limitations rather than authentic communicative challenges. The pedagogical value of an AI-supported task therefore cannot be inferred from conversational fluency or successful completion alone.

Together, these perspectives establish the need to distinguish what the task makes possible from what participants actually accomplish. Figure 1 develops this distinction into an assessment-oriented framework.

Interactional Evidence and the Proposed Conceptual Framework

The framework distinguishes three analytically related forms of evidence. Task and interlocutor conditions create opportunities for social action; recorded interactions show which practices learners actually enact; and later human–human encounters provide evidence about performance beyond the training AI. Progress from one target to the next cannot be assumed. In particular, fluent exchanges may reflect the AI partner's accommodation, while a difficult exchange may arise from technical latency rather than a meaningful interactional challenge.

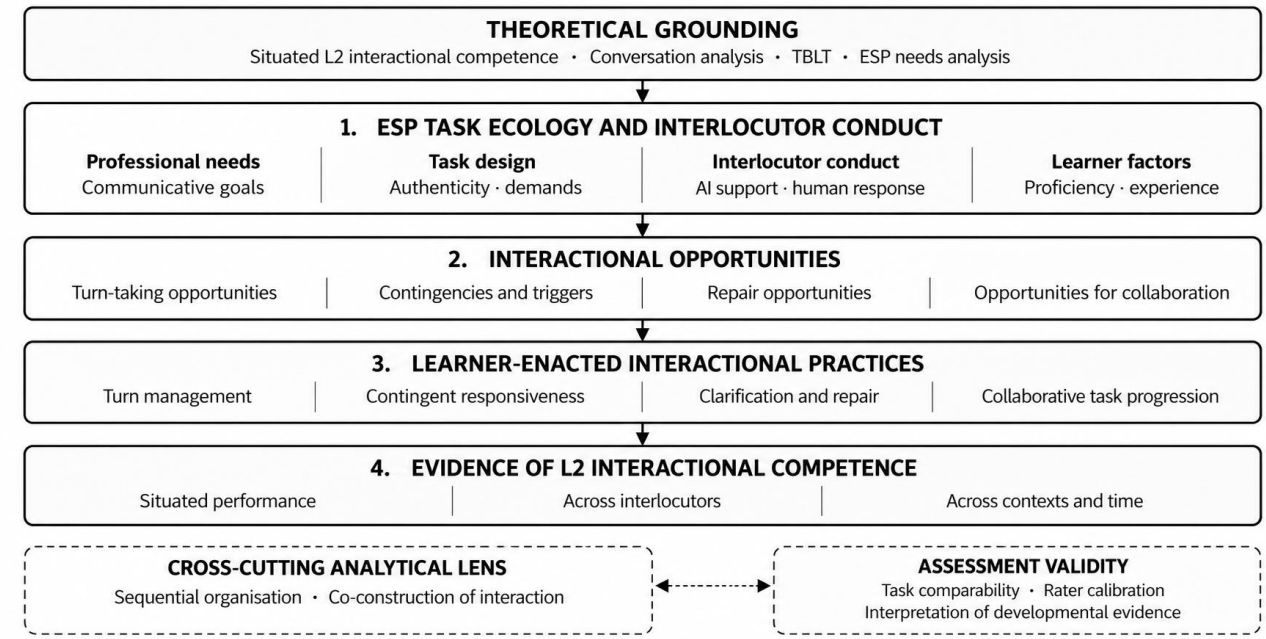


Figure 1. A Conceptual Framework for AI-Mediated Role-Play and L2 Interactional Competence in ESP

Note. The author-developed synthesis draws on L2 interactional competence, conversation analysis, task-based language teaching, ESP pedagogy and AI-mediated interaction. The four IC domains overlap; arrows denote analytical relationships, not established causal effects.

Figure 1 presents an assessment-oriented conceptual framework linking ESP task ecology, interlocutor conduct, interactional opportunities, learner-enacted practices, and evidence of L2 interactional competence. It distinguishes the opportunities afforded by tasks and interlocutors from the practices learners enact and the evidence needed to interpret performance across contexts. Recognising interaction as jointly constructed, the framework does not equate successful AI-mediated role-play with sustained competence development. Instead, it provides a conceptual foundation for ESP task design, interactional competence assessment, and longitudinal research integrating sequential analysis with human–human performance evidence.

© 2026 ISARC Academy

2.3. Empirical Evidence: Critical Comparative Synthesis

The empirical literature on AI-mediated language interaction addresses several related but distinct questions: whether conversational practice supports learning, how different interlocutors shape interactional performance, and what assessment tasks reveal about L2 interactional competence (IC). These questions require separate consideration because improvements in pragmatic appropriateness, successful task performance, and sustained interactional development represent different outcome constructs. The following synthesis therefore compares studies according to their research purposes, interactional conditions, outcome measures, and the claims their designs can support.

2.3.1. AI-Mediated Practice and Learning Outcomes

Sim et al. (2025) compared ChatGPT-mediated and peer role-play among 40 Korean learners of English, examining the pragmatic appropriateness of requests and refusals across pretest, posttest, and delayed posttest assessments. The reported findings suggest that learning patterns varied by speech act and assessment occasion, rather than consistently favouring either practice condition. Although the study provides evidence relevant to pragmatic learning, its outcome measures do not establish development across the broader sequential practices constituting L2 interactional competence.

Similarly, Sok and Shin (2025) investigated ChatGPT-supported oral-summary activities and reported improvements in speaking-related outcomes under particular instructional conditions. These findings are relevant to AI-assisted oral language learning but cannot be interpreted as direct evidence of improved turn management, repair, or collaborative task progression. Together, these studies illustrate a fundamental construct distinction: gains in oral proficiency or pragmatic appropriateness may contribute to communicative performance without necessarily demonstrating changes in the situated organisation of interaction.

2.3.2. Interlocutor Effects and Interactional Assessment

Research comparing interactional conditions provides a different kind of evidence. Eguchi et al. (2025) used conversation analysis to examine AI- and human-delivered role-play interactions, showing that AI interlocutors can elicit sequentially relevant learner actions while introducing differences in timing and turn organisation. Su and Chen (2026) compared refusal role-plays conducted with GPT-4o and human interlocutors, demonstrating that both conditions can elicit assessable interactional practices, although human interlocutors provided richer opportunities for conversational engagement. These findings concern the interactional evidence available under different assessment conditions; they do not demonstrate that practising with AI produces sustained development.

The behaviour of the conversational system itself further complicates interpretation. Timpe-Laughlin et al. (2025) compared an intent-based dialogue system with a GPT-based conversational agent. The more constrained system elicited additional repair and recipient-design practices, whereas the GPT-based agent more readily inferred learner intentions and maintained conversational progression. This contrast suggests that smoother AI dialogue may reduce the need for learners to demonstrate particular interactional resources. However, more frequent repair is not necessarily evidence of better learning, since some difficulties may arise from technological constraints rather than meaningful communicative demands.

Task format is another important source of variation. Wu and Roever (2025), in a non-AI comparison of role-plays and elicited conversations, found that different task formats foregrounded different aspects of interactional competence. Role-plays made preference organisation more observable, whereas elicited conversations provided richer evidence of topic management. This finding cautions against attributing differences in learner performance solely to interlocutor type when task structure and interactional demands may also differ.

© 2026 ISARC Academy

These studies reveal a methodological tension between standardisation and interactional authenticity. AI interlocutors may provide more consistent prompts, supporting comparability across assessment occasions. Yet a human partner's hesitation, challenge, or unexpected response may create precisely the contingencies through which learners demonstrate adaptive interactional competence. Greater standardisation can therefore reduce some forms of variation while narrowing the range of practices elicited. Assessment design must consider both the consistency of task conditions and the adequacy of the interactional evidence they generate.

Table 1. Evidential Contributions and Limits of Selected Empirical Studies

Study	Evidence supported	Claims not established
Sim et al. (2025)	Changes in pragmatic appropriateness following AI or peer role-play	Broad ESP interactional competence development
Sok & Shin (2025)	Speaking-related outcomes under ChatGPT-supported practice	Development of sequential interactional practices
Eguchi et al. (2025)	Elicitation of interactional practices in AI/human role-play	Sustained learning following AI practice
Su & Chen (2026)	Differences in IC assessment evidence across AI/human interlocutors	Longitudinal development or generalisation to ESP
Timpe-Laughlin et al. (2025)	Agent design influences repair and interactional opportunities	Superiority of a particular agent for sustained learning
Wu & Roever (2025)	Task format influences the IC practices made observable	Effectiveness of AI-mediated instruction

Note. The table distinguishes evidence supported by each study's design from broader developmental claims that remain unestablished. The studies are not treated as equivalent measures of a single outcome.

2.3.3. Integrated Findings and Inferential Limits

The comparisons yield three bounded observations. Agent design affects the sequential opportunities made available to learners; learning outcomes such as speech-act appropriateness do not exhaust the IC construct; and elicited performance varies with interlocutor and task format. These observations derive from studies with different purposes and outcome measures, so they do not amount to an aggregate estimate of AI effectiveness.

A particularly important distinction is between elicitation and development. An AI system may occasion repair, but a repair sequence does not itself demonstrate learning. Likewise, a learner may produce an appropriate refusal yet fail to manage a recipient’s subsequent challenge. Future longitudinal work must examine the organisation of such practices across occasions and partners rather than equate their occurrence with improvement.

Timpe-Laughlin et al. (2026) already examine conversational agents in IC practice and assessment. The specific contribution pursued here is to connect those debates with ESP needs-based tasks and an explicit evidence-to-claim account of later human–human performance.

2.4. Dimensions of L2 Interactional Competence

The proposed framework examines four interrelated domains of L2 interactional competence: turn management, contingent responsiveness, clarification and repair, and collaborative task progression. These domains provide analytical perspectives for examining how learners participate in ESP role-play. They are not assumed to constitute independent psychological traits or a validated measurement scale. Their relevance lies in the sequential organisation of professional interaction, where an action may simultaneously serve several communicative purposes.

© 2026 ISARC Academy

2.4.1. Turn Management

Turn management concerns how participants enter an interaction, initiate and allocate turns, manage transitions, and respond to silence or overlap. In AI-mediated role-play, learners may encounter repeated opportunities to practise these actions. However, the system's response latency, speech-detection thresholds, and turn-taking design can alter the interactional demands of a task. A system that waits indefinitely may remove pressure to respond at a relevant transition point, whereas premature AI responses may create interruptions unrelated to the learner's communicative competence.

Conversation-analytic research on AI-delivered role-play (Eguchi et al., 2025) highlights the importance of examining turn-taking as sequentially situated conduct rather than reducing it to speaking time or turn frequency. Assessment should therefore consider whether learners recognise relevant transition points, initiate appropriate actions, and adapt to unexpected contributions. Pauses and overlaps require interpretation in context, particularly when they may arise from technological rather than interactional difficulties.

2.4.2. Contingent Responsiveness

Contingent responsiveness refers to participants' ability to recognise the action accomplished by a preceding turn and produce an appropriate next contribution. In a banking-service encounter, for example, a customer's objection to an unexpected fee may call for acknowledgement, explanation, or negotiation rather than a simple repetition of policy information. The adequacy of the response depends on how it addresses the preceding action and how the interlocutor subsequently treats it.

AI interlocutors may generate objections and follow-up questions that create opportunities for such responsiveness. Yet highly accommodating systems may infer intended meanings from vague answers or redirect the conversation before learners have demonstrated appropriate uptake. Su and Chen (2026) provide relevant evidence that human and AI interlocutors can elicit different levels of conversational engagement, although their refusal tasks do not directly represent banking ESP encounters. Assessment should consequently examine the sequential fit of learner responses, including how participants orient to disagreement, clarification, and changing communicative demands.

2.4.3. Clarification and Repair

Clarification and repair concern how participants identify, address, and resolve difficulties in speaking, hearing, or understanding. Repair is not equivalent to grammatical correction; it is an interactional process through which participants work to restore mutual understanding. Relevant practices include clarification requests, confirmation checks, reformulations, and responses to other-initiated repair.

AI-mediated role-play can create opportunities for learners to initiate or respond to repair. However, automatic inference may bypass misunderstandings that would otherwise require clarification, while speech-recognition errors or system latency may generate difficulties unrelated to the intended ESP task. The frequency of repair episodes is therefore an insufficient indicator of competence. Sequential analysis should examine the source of trouble, who initiates repair, how the learner responds, and whether the subsequent interaction displays resolution. Technology-induced difficulties should be documented separately from communicatively meaningful repair opportunities.

2.4.4. Collaborative Task Progression

Collaborative task progression concerns how participants jointly identify problems, negotiate alternatives, and move towards a recognisable communicative outcome. In ESP settings, this may involve explaining a banking procedure, responding to a customer's objection, or agreeing on a practical next step. Successful task completion is not solely an individual achievement; it emerges through the coordinated contributions of participants.

© 2026 ISARC Academy

AI interlocutors may support task progression by maintaining coherence, offering prompts, or introducing relevant challenges. Nevertheless, a role-play may reach its endpoint because the system accepts incomplete explanations or supplies missing steps rather than because the learner has effectively managed the interaction. ESP tasks should therefore include realistic information gaps, manageable disagreement, and consequential communicative choices. Assessment should consider who proposes solutions, how alternatives are negotiated, how disagreement is managed, and whether the outcome reflects meaningful learner participation.

These four domains are analytically distinguishable but interactionally interdependent. A learner-initiated clarification, for example, may secure a turn, demonstrate responsiveness, initiate repair, and advance the professional task simultaneously. Consequently, assessment should interpret actions within their sequential context rather than count isolated linguistic expressions or assume that each domain represents an independent trait.

For the proposed framework, the domains serve as theoretically informed analytical categories. Their use in future empirical assessment requires behaviourally anchored descriptors, pilot testing, and explicit procedures for interpreting overlapping evidence. The methodological implications of these requirements are developed in Section 2.5.

2.5. Developmental Evidence and Assessment Validity

Assessment validity depends on the interpretation attached to observed performance. An apparently successful role-play may be supported by an AI partner's reformulation, a peer's familiarity with classroom routines or an easier task. Because IC is jointly accomplished, the issue is not to remove interlocutor influence but to document it and judge whether the assessment conditions warrant the intended claim about learner participation.

The framework's distinction between opportunities, enacted practices and later human–human performance has a specific consequence for assessment: evidence obtained during supported practice cannot substitute for observation in new encounters. Here, "without AI support" refers to the absence of the training interlocutor, not to interaction without partner contributions.

2.5.1. Human–Human Performance Across Time

Claims about IC development require evidence of change across interactional occasions, rather than successful performance within a single practice environment. A longitudinal design can compare human–human ESP performance at baseline (T0), immediately after intervention (T1), and at delayed follow-up (T2). The T0–T1 comparison addresses observable change, while T2 provides evidence relevant to maintenance. Whether practices generalise beyond the training environment requires additional consideration of unfamiliar tasks, partners, and communicative demands.

Development should not be equated with increased frequency of particular expressions or interactional moves. For example, more clarification requests may reflect greater learner initiative, but they may also arise because the interlocutor creates more misunderstandings. Conversely, fewer repair episodes may indicate improved understanding or more selective use of repair. Longitudinal conversation analysis can help interpret such changes by examining the sequential circumstances in which practices occur and how participants respond to them.

Task familiarity, partner behaviour, repeated exposure, and classroom effects complicate developmental inference. Comparable but previously unrehearsed human–human tasks can reduce practice effects, while balanced interlocutor allocation and counterbalanced task order can improve interpretability. Delayed assessments also require attention to attrition and additional learning opportunities between measurement occasions. Such procedures strengthen the evidence for change without eliminating the situated nature of IC.

© 2026 ISARC Academy

2.5.2. Task and Interlocutor Comparability

Assessment validity depends partly on whether tasks elicit the interactional practices that the intended interpretation requires. In ESP contexts, narrowly scripted exchanges or single speech-act tasks may provide insufficient evidence of broader professional interaction. A task designed around refusals, for example, may illuminate preference organisation but reveal relatively little about sustained topic management, negotiation, or collaborative problem-solving. Assessment should therefore sample related professional actions while maintaining appropriate linguistic and disciplinary demands.

Consider a hypothetical banking-service encounter in which a customer questions an unexpected fee. The learner replies, "*The fee is listed in the terms,*" and the AI responds, "*Thank you for explaining; I understand now*." Although the exchange reaches an apparently successful conclusion, the learner may not have addressed the customer's concern about fairness. A human customer might instead respond, "*But nobody told me about that fee when I opened the account*." This additional turn makes acknowledgement, clarification, and negotiation relevant. The example illustrates how interlocutor behaviour affects the evidence available for interpreting learner competence; it is not empirical data from the present review.

Task comparability does not require identical interactional sequences. Rather, tasks should provide reasonably comparable opportunities to accomplish relevant professional actions. Similarly, AI and human interlocutors need not behave identically, but their contributions should be documented when interpreting performance differences. A more standardised AI interlocutor may improve consistency while reducing opportunities for spontaneous repair or negotiation. Conversely, human variation may introduce measurement complexity while revealing adaptive interactional resources. The appropriate balance depends on the intended assessment interpretation.

2.5.3. Analytic Ratings and Sequential Evidence

Analytic ratings and conversation analysis offer complementary forms of evidence. Behaviourally anchored ratings can summarise performance across tasks and assessment occasions, while sequential analysis can explain how particular actions were accomplished. A high task-completion score, for example, may conceal extensive interlocutor assistance; conversely, a modest score may overlook a learner's appropriate management of an unexpected difficulty. Combining these perspectives can support more defensible interpretations than either approach alone.

The proposed four IC domains—turn management, contingent responsiveness, clarification and repair, and collaborative task progression—should be operationalised through observable interactional practices. Rating descriptors need to consider the relevance and consequences of actions within complete sequences, rather than reward the mere occurrence of predetermined expressions. Because the domains overlap, scoring procedures should specify how multifunctional actions are interpreted and avoid treating them as independent traits.

Rater agreement is important but does not, by itself, establish assessment validity. Even consistent ratings may misrepresent IC if tasks provide limited interactional opportunities or descriptors reward formulaic language. Pilot testing, rater calibration, balanced assessment partners, and examination of task effects are therefore necessary. Sequential analysis of selected episodes can further investigate whether apparent improvements reflect learner initiative, interlocutor accommodation, or changes in task demands.

For future longitudinal research, quantitative ratings and qualitative interactional evidence should be interpreted together, including cases in which they diverge. Improvements in scores without corresponding changes in learner participation, or richer learner-initiated practices without substantial score gains, may reveal important features of the assessment instrument or interactional environment. Such discrepancies should inform, rather than be excluded from, interpretations of L2 interactional competence development.

© 2026 ISARC Academy

2.6. Pedagogical and Methodological Implications

The preceding synthesis suggests that the educational value of AI-mediated role-play depends not simply on opportunities for repeated conversation but on how tasks, interlocutors, and assessment conditions are designed. Three implications follow for ESP pedagogy and future empirical research.

2.6.1. ESP Role-Play Design and Research Ethics

AI-mediated ESP role-play should be grounded in communicative needs rather than technological novelty. In banking and business contexts, needs analysis can identify professional actions such as explaining service conditions, responding to customer objections, and negotiating practical solutions. Tasks should incorporate manageable information gaps, opportunities for clarification, and plausible disagreement while remaining appropriate to learners' language proficiency and disciplinary knowledge. Their authenticity lies in the communicative work required, not in the visual realism or apparent fluency of the simulation.

Teacher mediation remains important. Learners can be encouraged to examine who initiated a problem, how clarification was pursued, and whether agreement resulted from their own contributions or interlocutor assistance. Rather than automatically providing solutions, AI interlocutors can be configured to introduce appropriate challenges and allow learners opportunities to respond. Such configurations should be piloted to ensure that difficulty arises from meaningful interactional demands rather than technological failures.

Ethical safeguards are integral to this design. Studies involving recorded speech or externally hosted AI systems require appropriate ethical approval, informed consent, secure data handling, and clear information about data processing. Fictional ESP scenarios should avoid identifiable customer or financial information. Researchers should also document relevant technological conditions, including model and prompt versions, voice modality, response latency, and feedback arrangements, because these features can influence the interactional opportunities available to learners.

2.6.2. Implications for Future Empirical Research

Future research should distinguish the interactional practices elicited during AI-supported role-play from changes observable in subsequent human–human communication. Comparisons between AI-mediated and peer role-play can provide a useful basis for investigation when practice conditions are appropriately matched and assessment tasks sample comparable professional demands. Longitudinal human–human assessment offers evidence relevant to change and maintenance, while recorded practice interactions can help explain how learners participate under different interlocutor conditions.

Table 2. Evidence Requirements and Validity Safeguards for Future Research

Research claim	Required evidence	Validity consideration
AI creates interactional opportunities	Recorded interactions and system logs	AI accommodation and conversational initiative
Learners demonstrate IC practices	Sequential analysis of learner actions and interlocutor responses	Prompts, partner assistance, and repair initiation
Performance extends beyond AI practice	Comparable human–human assessments across occasions	Task familiarity and partner effects
Development differs between practice conditions	Matched AI/peer comparisons and longitudinal change estimates	Classroom effects, attrition, and maturation

Note. The table identifies evidence needed to evaluate proposed research claims; it does not report findings from an implemented intervention.

© 2026 ISARC Academy

These safeguards allow future studies to examine the contribution of AI-mediated practice without assuming its superiority over peer interaction.

2.6.3. Mixed-Methods Integration

A mixed-methods approach can examine both whether interactional performance changes and how particular changes are produced. Quantitative analysis may estimate differences in human–human assessment outcomes across conditions and occasions, while qualitative sequential analysis can investigate learner initiative, repair, and interlocutor accommodation within selected interactions. These strands address complementary aspects of the same developmental question rather than serving as independent confirmations of effectiveness.

Integration should occur at the level of interpretation. Joint displays can bring together assessment trajectories, selected interactional episodes, task and interlocutor conditions, and participant accounts. Convergent evidence may support a more specific interpretation of change, whereas divergent evidence can reveal alternative explanations. For example, improved ratings accompanied by continued dependence on AI prompts would warrant a different interpretation from improved ratings alongside more learner-initiated repair in unfamiliar human–human tasks.

Mixed-methods integration does not eliminate weaknesses in the underlying design. In studies involving a small number of intact classes, treatment and classroom effects may remain difficult to separate, regardless of the richness of qualitative evidence. Conclusions should therefore reflect both the explanatory value of integrated evidence and the limits of causal inference.

2.7. Integrated Discussion, Research Gaps and Limitations

The central contribution of this review is an assessment-oriented conceptual framework that connects ESP task demands, interlocutor behaviour, learner-enacted interactional practices, and evidence of L2 interactional competence. By distinguishing interactional opportunities from learners' actual contributions and subsequent human–human performance, the framework clarifies the conditions under which AI-supported interaction can inform claims about competence development. It does not assume that successful AI-mediated role-play necessarily leads to sustained learning or that AI interaction is inherently superior to peer interaction.

This synthesis also highlights an important theoretical consideration: interactional competence is situated and jointly constructed. Differences in learner performance cannot be attributed solely to interlocutor type because task demands, conversational support, and opportunities for participation shape the actions that become observable. Consequently, the evaluation of AI-mediated role-play should consider not only whether learners complete communicative tasks but also how they manage emerging interactional demands and how their contributions are taken up by interlocutors.

Within the literature examined, three research gaps warrant further investigation. First, longitudinal evidence is needed to establish how interactional practices change through repeated AI-mediated role-play and whether such changes are maintained. Second, the relationship between AI interlocutor accommodation, learner initiative, and subsequent human–human performance remains insufficiently understood. Third, further research is needed to determine how task-sensitive analytic ratings and sequential interactional evidence can be integrated to support valid interpretations of L2 interactional competence development in ESP contexts.

The present review has limitations. Its purposive selection of literature does not establish comprehensive coverage, and the included studies differ in their participants, task formats, interlocutor configurations, outcome measures, and temporal designs. These differences constrain the generalisability of the synthesis and preclude conclusions about the overall effectiveness of AI-mediated role-play. Accordingly, the proposed framework should be understood as a theoretically informed analytical synthesis rather than an empirically validated model.

© 2026 ISARC Academy

Taken together, these considerations support future research that connects professionally relevant ESP tasks, documented learner and interlocutor conduct, and performance across human–human interactional contexts. Such an approach can strengthen the interpretation of developmental evidence while maintaining appropriate caution about causal claims.

3. CONCLUSION

AI-mediated role-play offers opportunities for repeated, professionally relevant language practice, but successful interaction with an AI interlocutor does not, by itself, establish the development of L2 interactional competence. The reviewed literature indicates that interlocutor behaviour and task design shape the interactional practices learners can demonstrate, while evidence of pragmatic learning, successful task performance, and sustained interactional development must be interpreted separately.

This review advances an assessment-oriented conceptual framework distinguishing interactional opportunities, learner-enacted practices, and subsequent human–human performance. By connecting these levels of evidence, it clarifies why the interpretation of AI-supported interaction requires attention to task authenticity, interlocutor contributions, and assessment validity.

Future research should investigate whether changes observed during AI-mediated practice are also demonstrated in unfamiliar human–human ESP tasks, using longitudinal assessment and appropriately matched comparison conditions. Such research can provide a stronger basis for evaluating the contribution of AI-mediated role-play to L2 interactional competence development in professional communication.

REFERENCES

Baethge, C., Goldbeck-Wood, S., & Mertens, S. (2019). SANRA—a scale for the quality assessment of narrative review articles. Research Integrity and Peer Review, 4, Article 5. https://doi.org/10.1186/s41073-019-0064-8

Dudley-Evans, T., & St John, M. J. (1998). Developments in English for specific purposes: A multi-disciplinary approach. Cambridge University Press.

Eguchi, M., Takizawa, K., Saeki, M., Kurata, F., Suzuki, S., Matsuyama, Y., & Sawaki, Y. (2025). Human- versus artificial intelligence-delivered roleplay tasks for assessing interactional competence: An applied conversation analytic study. TESOL Quarterly, 59(S1), S183–S219. https://doi.org/10.1002/tesq.70028

Ellis, R. (2003). Task-based language learning and teaching. Oxford University Press.

Hall, J. K., Hellermann, J., & Pekarek Doehler, S. (Eds.). (2011). L2 interactional competence and development. Multilingual Matters.

Kasper, G., & Wagner, J. (2011). A conversation-analytic approach to second language acquisition. In D. Atkinson (Ed.), Alternative approaches to second language acquisition (pp. 117–142). Routledge.

Long, M. H. (2015). Second language acquisition and task-based language teaching. Wiley Blackwell.

Sim, S., Kim, Y., & Ku, K. (2025). Exploring generative AI as a roleplay interlocutor in L2 task-based pragmatics learning: Comparing ChatGPT-learner and technology-mediated peer interactions. TESOL Quarterly, 59(S1), S86–S116. https://doi.org/10.1002/tesq.70010

Sok, S., & Shin, H. W. (2025). Do interactions with ChatGPT influence L2 learners' oral speaking ability, summarization ability, and perceptions of generative AI tasks? TESOL Quarterly, 59(S1), S19–S51. https://doi.org/10.1002/tesq.70001

© 2026 ISARC Academy

Su, Y., & Chen, X. (2026). Second language interactional competence in roleplay: Comparing generative artificial intelligence and human interlocutors. Language Learning. Advance online publication. https://doi.org/10.1111/lang.70040

Timpe-Laughlin, V., Davis, L., Oh, S., & Schmidgall, J. (2026). Conversational agents in practicing and assessing interactional competence: Current research and future directions. Language Learning. Advance online publication. https://doi.org/10.1111/lang.70052

Timpe-Laughlin, V., Divekar, R., Sydorenko, T., Dombi, J., & Oh, S. (2025). Intent-based versus GPT-based conversational agents: Benefits and challenges for practicing and assessing oral interaction. TESOL Quarterly, 59(S1), S117–S149. https://doi.org/10.1002/tesq.3409

Wu, J., & Roever, C. (2025). Data from role plays and elicited conversations: What do they show about L2 interactional competence? Research Methods in Applied Linguistics, 4(1), Article 100165. https://doi.org/10.1016/j.rmal.2024.100165

Young, R. F. (2011). Interactional competence in language learning, teaching, and testing. In E. Hinkel (Ed.), Handbook of research in second language teaching and learning (Vol. 2, pp. 426–443). Routledge.

© 2026 ISARC Academy

ABJECTION, MELANCHOLIA AND THE SEMIOTIC RETURN: A KRISTEVAN READING OF LOUISE ERDRICH'S RECENT FICTION

Mr. S. RAMARAJU

Academy of Maritime Education and Training (AMET) Deemed to be University, India

ORCID NO: 0009-0009-2766-0854

Dr. C. VAIRAVAN

Academy of Maritime Education and Training (AMET) Deemed to be University, India

ORCID NO: 0000-0002-6199-3320

ABSTRACT

Louise Erdrich's recent fiction (*The Night Watchman*, *The Sentence* and *The Mighty Red*) responds to political dispossession, historical haunting and environmental precarity in ways that invite psychoanalytic scrutiny. This paper reads the three novels through Julia Kristeva's theories of abjection, melancholia, the semiotic and the symbolic, and intertextuality, and asks whether a European psychoanalytic vocabulary can illuminate Indigenous American narrative without domesticating it. Using qualitative close reading informed by Kristeva's *Powers of Horror*, *Black Sun*, *Revolution in Poetic Language* and *Strangers to Ourselves*, and by Native and Indigenous scholarship on survivance, historical grief and decolonial critique, the study advances three findings. First, *The Night Watchman* stages termination as a political abjection in which the nation-state expels what it cannot assimilate, while the Turtle Mountain community answers by turning the expelled body into a site of kinship and testimony. Second, *The Sentence* presents colonial haunting as unresolved melancholia, worked through only when reading and writing convert unmourned loss into language. Third, *The Mighty Red* locates the semiotic and the maternal in river, soil and voice, and shows ecological contamination and debt as modern forms of defilement. The paper proposes the concept of relational abjection: in Erdrich, the abject is not finally cast out but is taken back into kinship, obligation and story. The study offers a Kristevan model of Erdrich's recent work that remains answerable to Indigenous critical priorities.

Keywords: Louise Erdrich; Julia Kristeva; abjection; melancholia; semiotic and symbolic; Indigenous literature; relational abjection

INTRODUCTION

Few contemporary American novelists have sustained a body of fiction as formally adventurous and as politically attentive as Louise Erdrich, an enrolled member of the Turtle Mountain Band of Chippewa. Her most recent novels, *The Night Watchman* (Erdrich, 2021a), awarded the 2021 Pulitzer Prize for Fiction, *The Sentence* (Erdrich, 2021b) and *The Mighty Red* (Erdrich, 2024), move between mid-century termination politics, the pandemic and police violence of 2020 Minneapolis, and the agrarian and financial crises of the Red River Valley. Each novel places ordinary bodies, voices and households at the point where history presses hardest on private life. That convergence of the political and the intimate makes psychoanalytic criticism a natural, though not an uncontested, companion.

Critical responses to this late phase have gathered largely around haunting, memory and historical trauma. Schoonover (2022) reads *The Sentence* as a ghost story in which the haunting of one bookseller expresses the haunting quality of colonialism in American public life, and Martínez-Falquina (2019) interprets *Future Home of the Living God* as a ritual of proleptic mourning that addresses persisting, historical unresolved grief. Both studies reach towards a psychic vocabulary of haunting, grief and

© 2026 ISARC Academy

mourning without developing a systematic psychoanalytic framework. Meanwhile, Kristevan categories continue to prove productive in literary studies; Sakız (2024), for instance, uses abjection to examine women's narratives in which the boundary between subject and object blurs. In the indexed sources searched for this study, a sustained Kristevan reading that brings *The Night Watchman*, *The Sentence* and *The Mighty Red* into a single argument was not found. This paper addresses that gap.

The study asks three questions. First, how do Kristeva's concepts of abjection, melancholia and the semiotic illuminate the representation of dispossession, haunting and ecological precarity in Erdrich's recent fiction? Second, how does Erdrich's fiction resist, revise or exceed those concepts? Third, what does the encounter suggest about the use of European psychoanalytic theory in the study of Indigenous literature? The argument developed here is that Erdrich's novels stage a recognisably Kristevan sequence (expulsion of the abject, melancholic entrapment in loss, and renewal through the semiotic) but redirect it through kinship. The paper names this redirection *relational abjection*.

THEORETICAL FRAMEWORK AND METHODOLOGY

Kristeva's Conceptual Toolkit

Kristeva (1982) defines abjection as the reaction to whatever disturbs identity, system and order, to what "does not respect borders, positions, rules" (p. 4). The abject is neither fully subject nor object. It is expelled so that a clean and proper self, and by extension a clean and proper social order, may be imagined. Abjection is therefore both psychic and political: communities, like individuals, secure their boundaries by casting out what threatens them. *Powers of Horror* links this process to defilement, to the corpse, and to the maternal body from which the subject must separate.

Melancholia receives its fullest treatment in *Black Sun* (Kristeva, 1989), where the melancholic subject cannot complete the work of mourning, incorporates the lost object, and loses confidence in signs, so that language itself seems estranged. The way out lies in sublimation: art, writing and analytic speech return affect to signification. In *Revolution in Poetic Language*, Kristeva (1984) distinguishes the semiotic, meaning drive-governed rhythm, tone and the pre-verbal *chora* associated with the maternal body (pp. 25–26), from the symbolic order of grammar, law and judgement; poetic language is where the two collide and reshape each other. Intertextuality, as set out in *Desire in Language*, designates the principle that every text is a mosaic of other texts (Kristeva, 1980, p. 66). *Strangers to Ourselves* (Kristeva, 1991) extends these ideas to national belonging by proposing that the foreigner lives within us as the hidden face of identity (p. 1), while *Tales of Love* (Kristeva, 1987) and "Stabat Mater" (Kristeva, 1986) supply a theory of love and maternity. Oliver (1993) and Lechte and Margaroni (2004) were consulted for critical overviews of these concepts.

Decolonial Qualifications

Applying Kristeva to an Indigenous author calls for caution. Tuck and Yang (2012) warn that settler scholarship often converts decolonization into metaphor and so evades its material claims; psychoanalytic categories can likewise convert land, treaty and sovereignty into symptoms. The study therefore treats Kristeva as a critical instrument rather than a master key, and sets her beside Native critical frameworks: Vizenor's (2008) survivance, which describes Native presence as active continuity rather than victimry, and Brave Heart and DeBruyn's (1998) account of historical unresolved grief, which situates collective mourning in the history of conquest rather than in individual pathology. Gordon (2008) supplies a sociological account of haunting as the way repressed social violence makes itself known.

© 2026 ISARC Academy

Method

The study is qualitative and interpretive. The primary texts are *The Night Watchman* (Erdrich, 2021a), *The Sentence* (Erdrich, 2021b) and *The Mighty Red* (Erdrich, 2024). Close reading identified passages, structures and characters in which borders are policed, losses are carried, or voice, rhythm and landscape disturb official language. These sites were coded under four Kristevan categories (abjection, melancholia, the semiotic and symbolic, and intertextuality) and compared across the novels. Secondary sources are limited to peer-reviewed scholarship, university-press monographs and established review journals. Because the analysis is interpretive, the findings are offered as arguments to be tested rather than as measurements. Table 1 summarises the analytic matrix.

RESEARCH AND FINDINGS

The analysis is organised by novel and then drawn together in a synthesis. Table 1 lays out the analytic matrix on which the discussion rests.

Table 1

Analytic Matrix: Kristevan Concepts in Erdrich's Recent Fiction

Kristevan concept	Novel	Textual site	Interpretive claim
Political abjection	*The Night Watchman*	Termination bill; Thomas as watchman; search for Vera	The state expels an ambiguous treaty nation; the narrative returns the expelled body to kinship and testimony
Intertextuality	*The Night Watchman*	Grandfather's letters, congressional record, fiction	Archive and fiction form a mosaic that contests official history
Melancholia	*The Sentence*	Flora's ghost; Tookie's imprisonment; Pollux's "crooked thing"	Unmourned colonial loss returns as haunting; mourning completes through reading and writing
Symbolic and semiotic	*The Sentence*	The many meanings of "sentence"	Law and grammar are traversed by affect, so language can both punish and heal
Defilement (ecological and economic)	*The Mighty Red*	Pesticides, topsoil loss, debt	Contamination and debt breach the boundary between what sustains and what poisons
Semiotic *chora*; the maternal	*The Mighty Red*	Red River; Kismet's fall; Crystal's night radio	The river figures a rhythmic, maternal ground; immersion precedes renewal
Dialogism; love	*The Mighty Red*	Cutie Pie Bandit; love triangle	Masquerade and plural voices sustain polyphony; love tests the possibility of repair

The Night Watchman: Termination as Political Abjection

House Concurrent Resolution 108 (1953) made termination the avowed federal policy towards Native nations, and the Turtle Mountain Band of Chippewa was among those marked for early termination (Erdrich, 2021a, author's note). By ending the nation-to-nation relationship, the bill proposed to release the tribe from federal responsibility and to dissolve treaty obligations. In Kristevan terms the Native

© 2026 ISARC Academy

nation is an ambiguous body: it lies inside the United States geographically and constitutionally, yet it holds a treaty status that does not obey the state's categories of citizen and ward. Such ambiguity is what, in Kristeva's (1982) account, provokes abjection. The bill is presented as emancipation (Erdrich, 2021a), which is how a purification narrative typically speaks: expulsion is renamed liberation.

Thomas Wazhashk, the tribal chairman who also works as the night watchman at the jewel bearing plant, is a figure of the threshold. He guards a factory at night, when the borders between work and rest, reservation and nation are least visible, and spends his days organising resistance to the bill. The plant itself, modelled on an actual factory where women formed much of the workforce, ties Native labour, and particularly women's labour, to national industry even as the nation prepares to cast the workers out (Erdrich, 2021a). Patrice "Pixie" Paranteau's search for her missing sister Vera takes the novel beyond the reservation to Minneapolis, where the vulnerability of young Native women in the city is exposed. The disappearance, and the search for Vera's baby, dramatise a second abjection: while the state would expel the nation in law, urban society treats young Native women as disposable in everyday life. Vera's eventual return home counters that expulsion at the level of family and community.

Erdrich's answer to abjection is testimony and kinship. Thomas's journey to Washington to testify against the bill carries the community's voice into the symbolic order of law. Yet the novel's force resides equally in what Kristeva would call its semiotic registers: humour, the rhythms of talk, ceremony and a recurring attention to animal intelligence, which keep the Turtle Mountain world sensuous and unsubdued by the legal vocabulary that threatens it. The novel is also intertextual in Kristeva's (1980) sense. It is woven from the author's grandfather's letters, the legislative record and invented lives, so that archive and fiction interrogate one another (Erdrich, 2021a, author's note). The first finding is therefore that termination is represented as political abjection, and that the novel counters it by moving the expelled body into testimony and kinship.

The Sentence: Melancholia, Haunting and the Language of Mourning

Set in Minneapolis in 2019–2020, *The Sentence* follows Tookie, a bookseller at Birchbark Books, who is haunted by Flora, a self-styled "wannabe Indian" customer who died after reading a sentence in a handwritten diary titled "The Sentence, An Indian Captivity, 1862–1883" (Schoonover, 2022). The pandemic and the murder of George Floyd press upon the haunting, and Schoonover reads the entire novel as a ghost story about the haunting quality of colonialism in mainstream American discourse.

Flora's haunting can be read through *Black Sun*. For Kristeva (1989), the melancholic subject keeps the lost object alive inside by incorporating it, because the loss cannot be symbolised. Tookie, whose childhood and ten years of imprisonment, much of it in solitary confinement, are marked by loss, at first resists memory (Schoonover, 2022). Flora's ghost grows stronger as the atmosphere of pandemic and political turmoil deepens, which suggests that individual melancholia and collective crisis feed one another. The ghost, in effect, returns what the community cannot yet mourn. Gordon's (2008) account of haunting as the form in which repressed social violence demands acknowledgement supports this reading, and Brave Heart and DeBruyn's (1998) concept of historical unresolved grief explains why the unmourned past of conquest keeps returning in the present. The haunter's identity is itself instructive. Flora desires Native identity without Native history, an incorporation of the Indigenous other that is the settler counterpart of Kristevan melancholic identification.

The title condenses the novel's Kristevan stakes. "Sentence" denotes a grammatical unit, a judicial punishment, the diary that killed Flora, and the slogans chanted in the 2020 protests (Schoonover, 2022). In prison Tookie discovers reading, and the dictionary she studies there offers her the word "sentence" through examples of release. Kristeva's melancholic is estranged from language; Tookie's recovery runs through language. Reading is the point at which the symbolic order, which has punished her, becomes a medium of survival. The plurality of meanings of "sentence" illustrates the heterogeneity that Kristeva (1984) attributes to signifying practice: grammar and law are traversed by affect, rhythm and drive, and can therefore wound or heal.

© 2026 ISARC Academy

Pollux, a former tribal police officer who arrested Tookie, is troubled by what he calls a "crooked thing," memories of violence he witnessed in policing (Schoonover, 2022). This unnamed remainder is a second melancholic residue, produced by complicity rather than victimhood, and it shows Erdrich resisting any simple binary of victim and perpetrator. The novel's inclusion of a character named Louise Erdrich, who finds her balance through writing, makes authorship itself a mode of working through, in keeping with Vizenor's (2008) survivance and with Kristeva's view of writing as sublimation. The second finding is that *The Sentence* presents colonial haunting as unresolved melancholia, and that mourning is completed not by forgetting but by turning loss into language.

The Mighty Red: Semiotic Ground, Ecological Defilement and Maternal Love

Set in the Red River Valley of North Dakota amid environmental upheaval and the 2008 financial crisis, *The Mighty Red* follows Crystal, who hauls sugar beets on the Geist family farm; her daughter Kismet, who is courted by Gary Geist and by Hugo; and Martin, Crystal's partner, who disappears along with the local church's renovation fund (Publishers Weekly, 2024). Erdrich attends closely to the effects of crop farming, pesticides and topsoil destruction on the characters' livelihoods (Publishers Weekly, 2024). In Kristeva's (1982) terms, such contamination is defilement: pollution is abject because it breaches the boundary between the body and the world, between what sustains and what poisons. The valley's fertility is at once the economic engine of the novel and its endangered body. The financial crisis supplies a second abjection, since debt expels families from their homes and expectations in the same way that contamination expels life from the soil.

The river is the novel's semiotic ground. Kristeva's (1984) *chora* names a mobile, nourishing receptacle that precedes sign and subject; a river that carries, endangers and returns the body is a ready figure for it. Kismet's fall from a bridge into the cold Red River, her drift downstream and her rescue (Kirkus Reviews, 2024) can be read as a passage through the semiotic: loss of boundaries, bodily immersion, and a return to symbolic life with altered knowledge. The episode also condenses the ambivalence of Kristeva's maternal: the river sustains and threatens, as the body from which the subject must separate both gives and endangers life.

Crystal's nightly drives, accompanied by late-night radio and visions of guardian angels (Erdrich, 2024), add a vocal dimension. A voice without a visible body, the radio is a modern semiotic medium, and the visions suggest maternal anxiety searching for a language. Following "Stabat Mater" (Kristeva, 1986), Crystal's protective and divided love for Kismet is at once bodily and linguistic, never fully contained by social roles. The Cutie Pie Bandit, whose disguises include figures such as Rasputin (Publishers Weekly, 2024), introduces carnival and masquerade, and the novel's humour, love triangle and shifting viewpoints exemplify the dialogism that Kristeva (1980) derives from Bakhtin, in which a text holds several voices without unifying them. Love, in *Tales of Love* (Kristeva, 1987), is an idealising transference that opens the subject to another; the ambivalent engagement of Kismet and the steadfast devotion of Hugo test whether such love can survive economic and ecological pressure. The third finding is that *The Mighty Red* locates the semiotic and the maternal in river, soil and voice, and presents ecological contamination and debt as modern defilement to which love and community are the only available answer.

Relational Abjection: Synthesis and Decolonial Qualification

Across the three novels a pattern emerges. In Kristeva's account, abjection secures the subject by expulsion, and melancholia is the price of what is expelled but never mourned. Erdrich's communities reverse the direction of travel. What the nation expels (the Turtle Mountain Band, the Native woman in the city), what history leaves unmourned (Flora's diary, Pollux's "crooked thing") and what the economy poisons (the soil, the indebted household) are gathered back through kinship, ceremony, humour and story. This movement is here termed *relational abjection*: a mode in which the abject is acknowledged as part of the self and the community rather than purged from it. The idea is consonant with Martínez-Falquina's (2019) reading of Erdrich's relational understanding of language and identity, and with Kristeva's (1991) own proposal that the stranger lives within. Erdrich's mixed-heritage Native

© 2026 ISARC Academy

characters, who struggle to grasp and transmit a heritage (Kirkus Reviews, 2024), embody that stranger within the nation.

Relational abjection also marks the limit of the borrowed theory. Where Kristeva locates the cure in individual sublimation, in the analysand's speech or the artist's work, Erdrich locates it in collective obligation: Thomas's testimony is a community's, Tookie's reading is shared among booksellers and protesters, and Kismet's survival depends on rescue and on those who wait. In this sense the novels talk back to the theory. They affirm Tuck and Yang's (2012) caution that Indigenous texts cannot be treated as raw material for Western concepts, while demonstrating that the concepts, once answerable to Native priorities such as survivance (Vizenor, 2008) and historical grief (Brave Heart & DeBruyn, 1998), can produce more precise readings. For English-language classrooms, including those in India, the pairing of Kristeva and Erdrich offers students a practical lesson in reading theory against text rather than applying it to text.

CONCLUSION

This paper has read Louise Erdrich's recent fiction through Julia Kristeva's psychoanalytic and semiotic theory and has argued that the encounter is productive on condition that the theory remains accountable to Indigenous critical frameworks. *The Night Watchman* dramatises the political abjection of a treaty nation and answers it with testimony and kinship; *The Sentence* shows colonial haunting as melancholia that is worked through in language; and *The Mighty Red* locates the semiotic and maternal ground of social life in river, soil and voice while exposing ecological and financial defilement. Taken together, the novels suggest the concept of relational abjection, in which what has been expelled is taken back into obligation and story.

The study makes three contributions. It brings three recent novels into one Kristevan argument, fills a gap in a criticism that has so far favoured the vocabulary of haunting and historical trauma, and proposes relational abjection as a bridge between psychoanalytic and Native critical idioms. Its limitations are those of any interpretive study: it relies on three novels, on close reading rather than reception data, and on a theory formed outside Native epistemologies. Further research could extend the framework to *Future Home of the Living God* (Erdrich, 2017) and to Erdrich's earlier novels, test the concept of relational abjection against other Indigenous writers, and engage Anishinaabe critical sources more extensively than the present scope allowed.

REFERENCES

Brave Heart, M. Y. H., & DeBruyn, L. M. (1998). The American Indian holocaust: Healing historical unresolved grief. *American Indian and Alaska Native Mental Health Research, 8*(2), 56–78.

Erdrich, L. (2017). *Future home of the living god*. Harper.

Erdrich, L. (2021a). *The night watchman*. Corsair. (Original work published 2020)

Erdrich, L. (2021b). *The sentence*. Corsair.

Erdrich, L. (2024). *The mighty red*. Harper.

Gordon, A. F. (2008). *Ghostly matters: Haunting and the sociological imagination* (2nd ed.). University of Minnesota Press.

Kirkus Reviews. (2024, July 4). *The mighty red* [Review of the book *The mighty red*, by L. Erdrich]. https://www.kirkusreviews.com/book-reviews/louise-erdrich/the-mighty-red

Kristeva, J. (1980). *Desire in language: A semiotic approach to literature and art* (L. S. Roudiez, Ed.; T. Gora, A. Jardine, & L. S. Roudiez, Trans.). Columbia University Press.

© 2026 ISARC Academy

Kristeva, J. (1982). *Powers of horror: An essay on abjection* (L. S. Roudiez, Trans.). Columbia University Press. (Original work published 1980)

Kristeva, J. (1984). *Revolution in poetic language* (M. Waller, Trans.). Columbia University Press. (Original work published 1974)

Kristeva, J. (1986). Stabat mater. In T. Moi (Ed.), *The Kristeva reader* (pp. 160–186). Columbia University Press.

Kristeva, J. (1987). *Tales of love* (L. S. Roudiez, Trans.). Columbia University Press. (Original work published 1983)

Kristeva, J. (1989). *Black sun: Depression and melancholia* (L. S. Roudiez, Trans.). Columbia University Press. (Original work published 1987)

Kristeva, J. (1991). *Strangers to ourselves* (L. S. Roudiez, Trans.). Columbia University Press. (Original work published 1988)

Lechte, J., & Margaroni, M. (2004). *Julia Kristeva: Live theory*. Continuum.

Martínez-Falquina, S. (2019). Louise Erdrich's *Future home of the living god*: Uncertainty, proleptic mourning and relationality in Native dystopia. *Atlantis: Journal of the Spanish Association of Anglo-American Studies, 41*(2), 161–178. https://doi.org/10.28914/atlantis-2019-41.2.08

Oliver, K. (1993). *Reading Kristeva: Unraveling the double bind*. Indiana University Press.

Publishers Weekly. (2024, July 25). *The mighty red* [Review of the book *The mighty red*, by L. Erdrich]. https://publishersweekly.com/9780063277052

Sakız, E. T. (2024). Kristevan abjection in Muriel Spark and Charlotte Perkins Gilman's female narratives. *Journal of Literature and Humanities, (73)*, 49–56. https://doi.org/10.55590/literatureandhumanities.1431304

Schoonover, M. (2022). [Review of the book *The sentence*, by L. Erdrich]. *Transmotion, 8*(2), 172–176. https://journals.kent.ac.uk/index.php/transmotion/article/download/1095/2099/6410

Tuck, E., & Yang, K. W. (2012). Decolonization is not a metaphor. *Decolonization: Indigeneity, Education & Society*, *1*(1), 1–40.

Vizenor, G. (2008). Aesthetics of survivance: Literary theory and practice. In G. Vizenor (Ed.), *Survivance: Narratives of Native presence* (pp. 1–23). University of Nebraska Press.

© 2026 ISARC Academy

ADVERTISING IN TRADITIONAL AND SOCIAL MEDIA: AUDIENCE PERCEPTIONS OF INFLUENCE, CREDIBILITY, AND SOCIAL RESPONSIBILITY IN ALBANIA

Erisela Marko, PhD Candidate

European University of Tirana, Faculty of Humanities, Education and Liberal Arts, Department of Applied Arts, Tirana, Albania

Dr. Blegina Hasko Bezo*

European University of Tirana, Faculty of Humanities, Education and Liberal Arts, Department of Applied Arts, Tirana, Albania.

*Corresponding Author: Dr. Blegina Hasko Bezo

Erisela Marko, PhD Candidate: ORCID 0000-0002-0642-2728

Dr. Blegina Hasko Bezo: ORCID: 0009-0007-0437-1596

ABSTRACT

The transformation of the media environment and the development of digital technologies have changed the ways in which advertising is conceptualized, produced, and distributed, as well as the relationship between brands and consumers. From a predominantly one-way communication model, advertising communication has evolved into a more dynamic and interactive process in which audiences participate in the creation, distribution, and interpretation of content.

This study analyzes the perceptions of Albanian audiences regarding advertising in traditional and social media, focusing on the influence of advertising on consumer decision-making, the credibility of advertising messages, and perceptions of social responsibility in advertising communication. The study also examines the influence of social media influencers and the ways in which Albanian audiences evaluate advertising content and adherence to ethical principles and social responsibility.

The study adopts a mixed-methods approach, combining quantitative and qualitative research components. The quantitative component is based on data collected through a questionnaire administered to 318 respondents in Albania, while the qualitative component complements the interpretation of consumer perceptions of advertising communication.

The results indicate a high level of exposure to advertising, with 81.1% of respondents reporting that they encounter advertisements. Instagram emerges as the dominant channel of exposure, at 65.4%, while television remains an important channel, at 34.0%. However, high exposure does not necessarily correspond to high levels of trust, as 58.2% of respondents report that they do not trust the advertisements they encounter. In the comparison between channels, television advertising is perceived as more credible by 58.5% of respondents, while social media advertising is perceived as more credible by 47.2%.

Differences are also evident in perceptions of social responsibility. While 81.1% of respondents consider social responsibility important for consumers, 48.1% perceive television advertising as demonstrating social responsibility, compared with 30.8% for social media advertising and 22.3% for influencer advertising. The findings reveal differences between traditional and digital media environments in the ways Albanian audiences perceive the credibility and social responsibility of advertising communication.

© 2026 ISARC Academy

Keywords: advertising; traditional media; social media; influencers; credibility; social responsibility; consumers; Albania.

INTRODUCTION

Advertising constitutes a complex communication phenomenon whose development has progressed alongside technological, economic, social, and cultural transformations. Beyond its promotional function, advertising interacts with audience perceptions, attitudes, and behavior, making it an important object of study within the field of communication.

Classical marketing definitions describe advertising as a paid and non-personal form of communication (Kotler & Armstrong, 2000), as persuasive communication mediated through mass media (Wells, Burnett, & Moriarty, 1998), or as a paid effort to persuade an audience through media (O'Guinn, Allen, & Semenik, 2000). Despite differences in formulation, these definitions share several common elements: the existence of an identifiable sponsor, the use of media as a communication channel, and the intention to influence audience attitudes or behavior.

With the development of digital technologies and the transformation of the media ecosystem, the concept of advertising has expanded beyond traditional approaches. Richards and Curran (2002) define advertising as a paid, mediated form of communication from an identifiable source, designed to influence the actions or attitudes of the receiver. Dahlén and Rosengren (2016) further extend the discussion of how advertising should be defined under conditions of a transforming media environment.

The evolution of these definitions reflects the transformation of advertising practice itself. Nevertheless, several elements remain consistent: the existence of an identifiable source, mediation through media, the persuasive purpose of communication, and orientation toward a particular audience. In this sense, advertising remains a dynamic construct whose definition should reflect technological, media, and social transformations (Vangelov, 2023).

The transformation of media has directly influenced the development of advertising communication. In traditional media, advertisements were predominantly transmitted in a linear manner, and communication between brands and consumers was largely one-way. In digital environments, advertisements are intertwined with user activity, creating new forms of interaction and engagement.

The development of digital media does not imply the disappearance of traditional media. Rather, both forms coexist within the contemporary communication environment, offering different characteristics and opportunities for advertisers and audiences.

The distinction between advertising in traditional media and advertising in digital media constitutes the basis of this study for analyzing Albanian consumers' perceptions of the credibility, influence, and social responsibility of advertising communication.

At the same time, the shift of advertising toward digital environments has increased the importance of issues related to credibility, ethics, and social responsibility. On social platforms, advertising communication takes place in an environment where commercial content is intertwined with user activity and with new forms of communication mediated by influencers.

1.1 Purpose of the Study

The purpose of this study is to analyze Albanian audiences' perceptions of advertising in traditional and social media, focusing on the influence of advertising on consumer decision-making, the credibility of advertising messages, and perceptions of social responsibility in advertising communication.

The study aims to identify differences between advertising in traditional media and advertising in social media by examining how Albanian audiences evaluate advertising content, the influence of influencers, the credibility of information, and adherence to ethical principles and social responsibility.

© 2026 ISARC Academy

1.2 Research Questions

1. What is the level of exposure of Albanian audiences to advertising in traditional and social media, and which platforms dominate advertising communication?

2. To what extent do advertisements and influencer-mediated communication affect the perceptions, preferences, and decision-making of Albanian consumers, particularly in relation to online purchases?

3. How do Albanian audiences perceive the credibility of advertising in traditional media compared with advertising in social media?

4. How do Albanian audiences evaluate the social responsibility of advertising in traditional and social media, particularly advertising carried out by influencers?

5. Do the perceptions of Albanian audiences support the proposition that advertising in traditional media demonstrates a higher level of social responsibility toward consumers than advertising in social media?

1.3 Research Hypotheses

H1. Advertising in traditional and social media influences the perceptions, credibility assessments, and decision-making of Albanian consumers through its informative and persuasive functions.

H2. Albanian audiences perceive advertising in traditional media as reflecting a higher level of social responsibility toward consumers than advertising in social media.

RESEARCH AND FINDINGS

2. Literature Review and Theoretical Framework

Contemporary advertising represents a complex phenomenon that combines media communication, consumer psychology, marketing, and technological developments. Therefore, the analysis of its influence on consumer perceptions and behavior cannot rely on a single theoretical perspective.

The study develops its theoretical framework around three complementary theories: **Uses and Gratifications Theory, Social Comparison Theory, and Cultivation Theory**.

2.1 Uses and Gratifications Theory

Uses and Gratifications Theory is particularly associated with the contributions of Elihu Katz, Jay G. Blumler, and Michael Gurevitch and represents an important shift in the conceptualization of audiences. Rather than focusing exclusively on the influence of media on individuals, the theory directs attention toward the ways people select and use media to satisfy specific needs and objectives (Katz et al., 1974).

At the core of the theory is the idea that individuals select media and content that best serve their interests, expectations, and needs. These needs may relate to obtaining information, entertainment, emotional experience, the construction of personal identity, social interaction, or temporary escape from everyday life (Littlejohn et al., 2017).

According to this approach, media influence is not an automatic consequence of exposure but rather the result of the relationship between content, motivations for media use, individual characteristics, and the social context (McQuail, 2010).

Rubin (1981) made an important contribution to the empirical development of the theory by identifying motivations such as information seeking, entertainment, relaxation, passing time, social interaction, and emotional experience.

© 2026 ISARC Academy

In this study, Uses and Gratifications Theory is applied to understand how Albanian consumers select and use traditional media and social platforms, as well as to interpret differences in exposure to advertising and the evaluation of advertising messages.

2.2 Social Comparison Theory

Social Comparison Theory, formulated by Leon Festinger (1954), explains how individuals evaluate their abilities, opinions, and social position in relation to others. In the absence of objective standards, individuals may use other people as points of reference, making social comparison an important mechanism in the construction of self-perception and self-evaluation (Festinger, 1954).

Social media platforms have created an environment particularly conducive to social comparison. Users are continuously exposed to images, videos, and personal narratives that may present selected and idealized versions of life, success, physical appearance, and consumption.

Vogel et al. (2014) found that frequent social media use is associated with higher levels of social comparison and lower self-esteem.

In advertising communication, Social Comparison Theory helps explain how consumers evaluate themselves in relation to the models represented in advertisements, public figures, and influencers. Advertisements do not merely promote the functional characteristics of a product; they also construct images of success, beauty, status, and desirable lifestyles.

In this study, the theory is used to explain the psychological mechanisms through which advertisements and influencer content may be associated with the perceptions, preferences, and decision-making of Albanian consumers.

2.3 Cultivation Theory

Cultivation Theory, developed by George Gerbner and his colleagues, focuses on the long-term effects of mass communication. Unlike approaches that focus on the immediate effects of media messages, the theory argues that media influence develops gradually and cumulatively.

Continuous exposure to media content does not necessarily change behavior following a single message, but over time it contributes to the formation of perceptions of reality (Gerbner & Gross, 1976).

From this perspective, television is conceptualized not merely as a source of information or entertainment but as a cultural institution that continuously transmits values, norms, stereotypes, and behavioral models (Gerbner et al., 1986).

For the present study, Cultivation Theory is used to interpret how continuous exposure to traditional and digital advertising may contribute to the gradual construction of perceptions concerning brands, products, consumption, credibility, and the social responsibility of advertising communication.

2.4 Integration of the Theoretical Framework

The complexity of contemporary advertising requires an integrated theoretical approach. Uses and Gratifications Theory serves to interpret media choice and use and the level of exposure to advertising. Social Comparison Theory explains psychological mechanisms related to identification with figures represented in the media and with influencers. Cultivation Theory examines the long-term effects of exposure and how the repetition of messages may contribute to the formation of perceptions.

The integration of the three theories creates an interpretative model that analyzes advertising at three interconnected levels: **media selection and use, psychological mechanisms of influence, and the long-term effects of media exposure**.

© 2026 ISARC Academy

3. Research Methodology

3.1 Methodological Approach and Research Design

Research methodology determines how data are collected, analyzed, and interpreted by specifying the research approach, the instruments employed, sample selection, and methods of analysis. According to Kothari (2004), scientific research should be conducted systematically and according to a planned procedure.

The study adopts a **mixed-methods approach**, combining quantitative and qualitative research components. The selection of this approach derives from the need both to measure audience trends and attitudes and to interpret experiences and the ways in which social actors understand advertising communication.

Matthews and Ross (2010) argue that the selection of research methods depends on the type of data required to test hypotheses and answer research questions.

The research design combines quantitative research through a questionnaire, qualitative research through semi-structured interviews, direct observation of social media, and documentary analysis.

3.2 Data Collection Instruments

3.2.1 Questionnaire

The quantitative component employed a questionnaire to collect structured data concerning audience tendencies, attitudes, and perceptions related to advertising.

The instrument measured dimensions related to exposure to advertising, the main channels through which advertisements are encountered, trust and credibility, perceptions of advertising as information, influence, and culture, persuasive elements, and perceived social responsibility in television advertising, social media advertising, and influencer-mediated advertising.

The quantitative dataset consists of **318 valid responses** collected in Albania between **December 2024 and May 2025**.

3.2.2 Semi-Structured Interviews

To complement the quantitative data, **two semi-structured interviews** were conducted. The qualitative component includes interviews with **Greiss Petroviç**, in relation to Grace Models and AGA Clothing, and **Jozefina Luci Maliqaj**.

The interviews were used to clarify how concepts of influence and responsibility in advertising are understood in practice and to complement the interpretation of questionnaire results.

3.2.3 Observation and Documentary Analysis

The study also includes direct observation of social networks and online platforms, examining influencer profiles, visual and textual content, posts, stories, videos, comments, and audience interactions.

Documentary analysis includes studies, research reports, academic articles, and written materials published by influencers.

3.3 Study Sample

The quantitative sample consists of **318 respondents**. Of these, **274 are female (86.2%)**. The 18–24 age group includes **161 respondents (50.6%)**, while **59 respondents (18.6%)** are aged 45 years or older.

© 2026 ISARC Academy

Regarding educational level, **245 respondents (77.0%)** have higher education, while **73 respondents (23.0%)** have completed secondary education.

The largest geographical concentrations are found in **Tirana, with 100 respondents (31.4%)**, **Fier with 46 (14.5%)**, **Burrel with 28 (8.8%)**, and **Durrës with 26 respondents (8.2%)**.

3.4 Data Analysis

The quantitative analysis employed frequencies, percentages, comparisons between groups, and the identification of key trends.

For the qualitative analysis, data from the interviews and online materials were examined through a thematic approach, identifying key themes, recurring responses, discursive patterns, and elements of meaning.

Data triangulation was used to integrate the quantitative and qualitative components in the interpretation of the findings.

3.5 Ethical Considerations and Methodological Limitations

The study takes into consideration voluntary participation, confidentiality, the anonymization of personal data, and the accurate representation of respondents' views without distorting their meanings.

Methodological limitations include the inability to fully control the authenticity of certain online interactions, the dynamic nature of social networks, where content may be changed or deleted, and the need for caution in the interpretation of qualitative material.

4. Results

4.1 Exposure to Advertising

Of the 318 respondents, **258, or 81.1%**, report that they encounter advertisements.

Regarding the channels of exposure, **Instagram** emerges as the dominant platform, selected by **208 respondents, or 65.4%**, while television was selected by **108 respondents, or 34.0%**.

Within this sample, the results indicate frequent reported exposure to advertising and a particularly strong presence of social media platforms. As respondents could report more than one channel, the platform percentages should not be interpreted as mutually exclusive shares.

4.2 Trust and Credibility

Only **133 respondents, or 41.8%**, report that they trust the advertisements they encounter, whereas **185 respondents, or 58.2%**, report that they do not trust them.

In the comparison between channels, **186 respondents, or 58.5%**, selected television advertising as more credible, while **150 respondents, or 47.2%**, selected social media advertising.

These descriptive findings suggest that reported advertising exposure does not necessarily coincide with reported trust. The credibility percentages describe respondents' selections and should not be treated as mutually exclusive unless the questionnaire design establishes that they are.

4.3 Perceptions of the Function of Advertising

213 respondents, or 67.0%, perceive advertising as **information**, **144 respondents, or 45.3%**, as **influence**, and **39 respondents, or 12.3%**, as **culture**.

© 2026 ISARC Academy

The results indicate the predominance of the informational dimension while also demonstrating the considerable presence of advertising's influential function.

4.4 Influential Elements

Visual imagery emerges as the dominant element and was selected by **224 respondents, or 70.4%**.

Characters and brand ambassadors were selected by **109 respondents, or 34.3%**, while **music** was selected by **55 respondents, or 17.3%**.

These results highlight the importance of the visual and symbolic dimensions of advertising communication.

4.5 Social Responsibility

258 respondents, or 81.1%, state that social responsibility is important to consumers.

Regarding television advertising, **153 respondents, or 48.1%**, state that it demonstrates social responsibility. For social media advertising, this proportion falls to **30.8%, or 98 respondents**, while only **71 respondents, or 22.3%**, state that influencer advertising respects social responsibility.

Table 1. Main Empirical Indicators of the Study

Indicator	n	%
Report encountering advertisements	258	81.1
Encounter advertisements on Instagram	208	65.4
Encounter advertisements on television	108	34.0
Trust the advertisements they encounter	133	41.8
Do not trust the advertisements they encounter	185	58.2
Television advertising perceived as more credible	186	58.5
Social media advertising perceived as more credible	150	47.2
Advertising perceived as information	213	67.0
Advertising perceived as influence	144	45.3
Advertising perceived as culture	39	12.3
Visual imagery	224	70.4
Characters/brand ambassadors	109	34.3
Music	55	17.3
Social responsibility considered important	258	81.1
Television advertising perceived as socially responsible	153	48.1
Social media advertising perceived as socially responsible	98	30.8

© 2026 ISARC Academy

Influencer advertising perceived as respecting social responsibility	71	22.3

Source: Primary survey conducted in Albania, 2024–2025.

Interpretive note. Percentages use n = 318 as the denominator. Several sets of percentages exceed 100% when summed; the questionnaire response format should be consulted before interpreting them as exclusive choices. Findings are descriptive and pertain to this sample.

5. Discussion

The results reveal a complex relationship between exposure to advertising, influence, credibility, and social responsibility.

5.1 Exposure and Credibility

The fact that 81.1% of respondents report encountering advertisements demonstrates the widespread presence of advertising communication. Instagram dominates exposure at 65.4%, while television continues to play an important role at 34.0%.

This finding can be interpreted in relation to Uses and Gratifications Theory, which conceptualizes the audience as active in the selection and use of media (Katz et al., 1974).

However, exposure does not automatically translate into trust. **58.2%** of respondents state that they do not trust the advertisements they encounter. In the comparison between channels, television advertising is perceived as more credible by 58.5% of respondents, compared with 47.2% for social media advertising.

The results therefore indicate that the visibility of advertising does not automatically guarantee its credibility.

5.2 Advertising as Information and Influence

The findings indicate that **67.0%** of respondents conceptualize advertising as information, while **45.3%** perceive it as influence.

The influential dimension becomes more evident when persuasive elements are examined. **Visual imagery, at 70.4%**, is the dominant factor, followed by characters or brand ambassadors at 34.3% and music at 17.3%.

In this context, Social Comparison Theory contributes to the interpretation of how models, public figures, and influencers may function as points of reference for audiences (Festinger, 1954; Vogel et al., 2014).

5.3 First Hypothesis

H1 proposes that advertising in traditional and social media influences the perceptions, credibility assessments, and decision-making of Albanian consumers through its informative and persuasive functions.

The descriptive results are compatible with the functional premise of H1, but the cross-sectional self-report data do not establish causal effects on consumer decisions.

Advertising is widely present in the audience's media experience and is perceived primarily as information, while a considerable proportion of the sample also identifies it as a form of influence. The dominance of visual imagery and the importance of characters and brand ambassadors further indicate

© 2026 ISARC Academy

that persuasion is not achieved exclusively through factual information but also through visual and symbolic elements.

The integrated theoretical framework contributes to the interpretation of this relationship: Uses and Gratifications Theory explains media selection and use; Social Comparison Theory explains the psychological mechanisms of comparison and identification; and Cultivation Theory explains the cumulative effects of continuous exposure (Katz et al., 1974; Festinger, 1954; Gerbner et al., 1986).

5.4 Social Responsibility

81.1% of respondents state that social responsibility is important to consumers. However, assessments of its presence in advertising communication are lower and differ according to the medium.

Television advertising is perceived as socially responsible by **48.1%**, compared with **30.8%** for social media advertising and **22.3%** for influencer advertising.

The results therefore reveal a difference between the importance audiences attribute to social responsibility and the extent to which they perceive it as being implemented in advertising practice.

5.5 Second Hypothesis

H2 proposes that Albanian audiences perceive advertising in traditional media as reflecting a higher level of social responsibility toward consumers than advertising in social media.

The descriptive data are consistent with this difference in the surveyed sample. Television advertising receives the highest reported assessment for social responsibility, at 48.1%, compared with 30.8% for social media advertising and 22.3% for influencer advertising. No inferential significance test is reported.

Within this sample, the pattern is consistent with H2, but it does not establish a statistically significant population-level difference.

However, the results should not be interpreted as evidence that social media are inherently ethically inferior. The dissertation conceptualizes digital ethics as an evolutionary phase in which responsibility is gradually shifting from institutions toward individuals.

CONCLUSION

This study analyzed Albanian audiences' perceptions of advertising in traditional and social media, focusing on exposure, influence, credibility, and social responsibility.

The results demonstrate that advertising is widely present in respondents' media experiences. **81.1%** report encountering advertisements, while Instagram emerges as the main channel of exposure at **65.4%**, compared with **34.0%** for television.

However, high levels of exposure are not automatically accompanied by trust. **58.2%** of respondents state that they do not trust the advertisements they encounter. In the comparison between channels, television maintains an advantage in terms of perceived credibility.

The findings also show that audiences perceive advertising primarily as information, while at the same time recognizing its influential function. The dominance of visual imagery as the most influential element demonstrates the importance of the visual and symbolic dimensions of advertising communication.

In this respect, the findings are consistent with aspects of H1 concerning perceived informative and persuasive functions. They do not establish that advertising caused changes in consumer decision-making.

© 2026 ISARC Academy

One of the most significant findings concerns social responsibility. **81.1%** of respondents state that social responsibility is important to consumers. However, only **48.1%** perceive social responsibility in television advertising, **30.8%** in social media advertising, and **22.3%** in influencer advertising.

Consequently, the observed descriptive pattern is consistent with H2: surveyed respondents rated social responsibility in television advertising more favorably than in social media advertising. This is not a population-level hypothesis test.

Overall, the study demonstrates that **exposure, influence, credibility, and social responsibility do not necessarily develop in parallel**. Social media may dominate advertising exposure, while traditional media, particularly television, may maintain higher levels of perceived credibility and social responsibility.

The findings should be interpreted within important limitations. The sample is strongly concentrated among women (86.2%), respondents aged 18–24 (50.6%), and those with higher education (77.0%); its representativeness of the Albanian population has not been established. Results are based on self-reported perceptions collected between December 2024 and May 2025, not observed consumer behavior or experimentally measured advertising effects. The descriptive comparisons do not include reported inferential tests or confidence intervals. Two interviews provide contextual qualitative insight but cannot establish thematic saturation. The dynamic nature of social media and possible changes to online content further constrain interpretation. Future research should use more balanced sampling, explicitly document questionnaire response options, and test differences between media channels with appropriate inferential methods.

REFERENCES

Dahlén, M., & Rosengren, S. (2016). If advertising won't die, what will it be? Toward a working definition of advertising. *Journal of Advertising, 45*(3), 334–345. https://doi.org/10.1080/00913367.2016.1172387

Festinger, L. (1954). A theory of social comparison processes. *Human Relations, 7*(2), 117–140.

Gerbner, G., & Gross, L. (1976). Living with television: The violence profile. *Journal of Communication, 26*(2), 172–199. https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1976.tb01397.x

Gerbner, G., Gross, L., Morgan, M., & Signorielli, N. (1986). Living with television: The dynamics of the cultivation process. In J. Bryant & D. Zillmann (Eds.), *Perspectives on media effects* (pp. 17–40). Lawrence Erlbaum.

Katz, E., Blumler, J. G., & Gurevitch, M. (1974). Utilization of mass communication by the individual. In J. G. Blumler & E. Katz (Eds.), *The Uses of Mass Communications: Current Perspectives on Gratifications Research* (pp. 19–31). Sage.

Kothari, C. R. (2004). *Research Methodology: Methods and Techniques* (2nd ed.). New Age International.

Kotler, P., & Armstrong, G. (2000). *Marketing: An Introduction*. Prentice Hall.

Littlejohn, S. W., Foss, K. A., & Oetzel, J. G. (2017). *Theories of Human Communication* (11th ed.). Waveland Press.

Matthews, B., & Ross, L. (2010). *Metodat e hulumtimit: Udhëzues praktik për shkencat sociale dhe humane*. Qendra për Arsim Demokratik (CDE).

McQuail, D. (2010). *McQuail's Mass Communication Theory* (6th ed.). Sage Publications.

O'Guinn, T., Allen, C., & Semenik, R. (2000). *Advertising* (2nd ed.). South-Western College Publishing.

Richards, J. I., & Curran, C. M. (2002). Oracles on "Advertising": Searching for a definition. *Journal of Advertising, 31*(2), 63–77. https://doi.org/10.1080/00913367.2002.10673667

© 2026 ISARC Academy

Rubin, A. M. (1981). An examination of television viewing motivations. *Communication Research, 8*(2), 141–165.

Vangelov, N. (2023). *Advertising: In Search of a Definition. A Critical Review*. Faculty of Journalism and Mass Communication.

Vogel, E. A., Rose, J. P., Roberts, L. R., & Eckles, K. (2014). Social comparison, social media, and self-esteem. *Psychology of Popular Media Culture, 3*(4), 206–222.

Wells, W., Burnett, J., & Moriarty, S. (1998). *Advertising: Principles and Practice* (4th ed.). Prentice Hall.

© 2026 ISARC Academy

AN INTEGRATED CYBERSECURITY FRAMEWORK FOR SECURING DIGITAL ECOSYSTEMS (DE)

Ebole Alpha Friday 1, Aremu Idris Abiodun2 & Ayinde Yusuf Olatunji 3

1,2 Department of Computer Science, College of Basic Sciences, Lagos State University of Science and Technology, Lagos, Nigeria

3 Information and Communication Unit, Lagos State University of Science and Technology, Lagos, Nigeria

Contact: Orcid: 0009-0009-6657-4078

ABSTRACT

Digital Ecosystem comprises all applications domain within interconnected ecosystems, enhancing service delivery while simultaneously increasing the cybersecurity attack surface. This study examined cyber threats in GE, evaluated established and emerging controls, and developed a layered conceptual framework for heterogeneous and resource-constrained environments. A qualitative integrative review and design-oriented method were employed, with evidence coded by threat, layer, control, benefit, limitation and deployment condition. The findings show that identity must be managed throughout the device lifecycle, while scale amplifies shared weaknesses. Prompt protection requires coordinated endpoint, edge and cloud controls, and intelligent detection depends on representative data and oversight. Trustworthy operation requires privacy, accountability and recovery. The proposed framework integrates device trust, lightweight authenticated encryption, segmented communication, edge-assisted detection and containment, cloud/application governance, continuous access evaluation and coordinated response, with selective tamper-evident auditing. Conceptual assessment shows coherent security coverage, although the framework has not been experimentally confirmed. The study concludes that digital system security requires coordinated engineering and governance, with Nigerian organisations needing phased implementation, secure procurement, data-protection compliance and sustained cybersecurity capacity development.

Keywords: Internet of Things, cybersecurity, lightweight cryptography, intrusion detection, edge computing, blockchain, Zero Trust Architecture.

1. INTRODUCTION

Digital systems increasingly connect sensors, mobile devices, embedded controllers, vehicles, cameras, cloud services, human users and automated processes. The Internet of Things (IoT) describes much of this connectivity, while the digital systems emphasise the interaction of people, processes, data and things. Security failures in the digital environments can therefore extend beyond technical systems to affect automated decisions, show personal information, interrupt physical services and distort real-world information. DE applications support healthcare, education, industry, transportation and public services, but their heterogeneous and dynamic nature creates significant security dependencies. Many connected devices are resource-constrained, have long service lives and may have weak credentials, unnecessary services or poorly protected update mechanisms. NIST finds device identification, configuration, data protection, interface restriction, secure software updates and cybersecurity-state awareness as core IoT security capabilities (Fagan et al., 2020). At communication and processing layers, attackers may intercept traffic, impersonate devices, manipulate data, exploit interfaces or disrupt availability. Persistent threats include malware, denial-of-service, spoofing, insecure interfaces, weak authentication and physical compromise (Makhdoom et al., 2019; Tawalbeh et al., 2020).

© 2026 ISARC Academy

The Nigerian context introduces more concerns involving cost, infrastructure, signal coverage, privacy and organisational readiness (Adewale et al., 2019; Sneesl et al., 2022). Consequently, Digital Ecosystem security must work within constraints involving bandwidth, power, specialist ability and replacement budgets. The Nigeria Data Protection Act 2023 and the National Cybersecurity Policy and Strategy further emphasise secure data processing, critical infrastructure protection, incident response and shared responsibility (Nigeria Data Protection Commission, 2023; Office of the National Security Adviser, 2021).

Several technologies address various aspects of DE security, including lightweight cryptography, machine learning, edge computing, blockchain and Zero Trust Architecture. However, these approaches involve varying costs, resource requirements and performance trade-offs. Existing studies often focus on individual threats or architectural layers, making it difficult to decide how security controls should cooperate across an Digital Ecosystem environment. This fragmentation also limits the assessment of security coverage, resource demand, scalability and interoperability.

1.1 Problem and Research Gap

The expansion of Digital Ecosystem networks has not been matched by consistent cybersecurity readiness. Connected devices may lack secure update mechanisms, strong authentication, complete asset records and reliable monitoring. A compromised sensor can inject false data, stolen credentials can expose cloud services, insecure gateways can ease lateral movement, and denial-of-service attacks can interrupt essential services.

The central research gap is the lack of an integrated security structure that connects threats, controls and architectural layers while considering operational and resource constraints. Existing approaches may perform effectively under specific conditions but are not necessarily suitable for heterogeneous and resource-constrained environments. This study therefore develops a layered and adaptive conceptual framework that maps Digital Ecosystem threats to preventive, detective and responsive controls.

1.2 Aim and Objectives

The study aims to critically examine cybersecurity threats and controls in Digital Ecosystem networks and develop a layered, adaptive and resource-aware conceptual security framework for heterogeneous environments.

The specific objectives of the study are to:

1. **Identify and classify** cybersecurity threats across the architectural layers of Digital Ecosystem environments.
2. **Examine** the strengths and limitations of existing cybersecurity controls.
3. **Evaluate** selected cybersecurity controls based on security coverage, resource demand, response time, scalability, and interoperability.
4. **Design** a layered cybersecurity framework integrating preventive, detective, and responsive controls.
5. **Assess** the proposed framework against identified threats, operational constraints, and Nigerian regulatory requirements.

1.3 Significance, Scope and Limitations

The study integrates lightweight cryptography, intrusion detection, Zero Trust, edge computing and blockchain within a common architectural perspective. It provides a structured basis for assessing security coverage, resource requirements, response time, scalability and interoperability. The framework

© 2026 ISARC Academy

is particularly relevant to Nigerian institutions adopting smart-campus, healthcare, industrial, public-service and infrastructure technologies. The study covers endpoint/device systems, network and communication services, edge/cloud processing, applications, users and business processes. It considers device identity, secure configuration, data protection, authentication, segmentation, AI-assisted monitoring, cloud governance and incident response. The study is conceptual and literature based and does not build a production digital systems testbed or conduct penetration testing. Assessment is based on qualitative design criteria rather than measured latency, energy consumption, throughput or detection accuracy. The evidence base is limited by differences in devices, datasets, network conditions and evaluation measures. The review is treated as an integrative review with a documented search and selection protocol rather than an exhaustive systematic review. The proposed framework provides a practical foundation for coordinated digital ecosystem cybersecurity in Nigerian institutions, but its effectiveness requires future implementation, empirical evaluation and continuous adaptation to evolving cybersecurity threats, standards, technologies and regulatory requirements.

2. LITERATURE REVIEW

The ecosystem describes a connected environment in which **people, processes, data , things and application environment** interact to produce services, decisions and physical outcomes. IoT studies provide important technical evidence on sensors, protocols, gateways and cloud platforms, while why the digital ecosystem provides the broader socio-technical perspective. So, IoT evidence is relevant where it explains device and network behaviour, while Digital Ecosystem stays the wider unit of analysis.

Digital ecosystem environments are heterogeneous, dynamic, distributed and often resource constrained. Devices from different vendors may use different processors, operating systems and communication protocols, while computation may be distributed across endpoints, gateways, edge nodes and cloud platforms. These characteristics create security dependencies across architectural layers. A compromised device can generate false data, stolen credentials can expose applications, and manipulated processes can produce unauthorised actions. Consequently, Digital Ecosystem security must protect communication, identity, data provenance, decision logic, accountability and the safe execution of commands.

2.1 Digital System (DS) Architecture and Security Requirements

The study adopts a four-layer DS architecture including the **device/belief, communication, edge/cloud processing, and application/people/process layers**. At the device layer, common weaknesses include default credentials, exposed interfaces, insecure boot processes, unprotected keys and unsupported firmware. NIST finds device identification, configuration, data protection, logical access restriction, software updates and cybersecurity-state awareness as baseline capabilities (Fagan et al., 2020). Encryption alone cannot set up whether an authenticated device is trustworthy; secure boot, firmware integrity, attestation and behavioural monitoring may also be needed.

The communication layer is exposed to eavesdropping, replay, spoofing, routing manipulation, rogue gateways and denial-of-service, with proper controls including authenticated encryption, mutual authentication, segmentation, secure gateways, rate limiting and traffic monitoring. At the edge/cloud layer, exposed APIs, excessive permissions, insecure containers, vulnerable dependencies and misconfigured storage can produce large-scale compromise, requiring effective controls such as workload hardening, identity and access management, encryption, logging, patching, backup and tested recovery. The application and people/process layer introduces risks involving broken access control, insecure sessions, weak APIs, privileged accounts and human error.

Beyond confidentiality, integrity and availability, Digital Ecosystem systems require **authenticity, accountability, privacy, safety and resilience**. These requirements may conflict; detailed telemetry can improve detection but increase privacy exposure, while strong authentication can improve security

© 2026 ISARC Academy

at the cost of energy or processing overhead. The study therefore adopts **defence-in-depth, Zero Trust Architecture and proportionality** as guiding principles. Defence-in-depth distributes prevention, detection, containment and recovery across layers, while Zero Trust evaluates access using identity, device state, context, policy and resource sensitivity rather than network location (Rose et al., 2020).

2.2 Digital Ecosystem Threat Landscape

DS threats are best understood as attack paths across interconnected components. Recurring threats include insecure authentication, exposed services, vulnerable software, weak update mechanisms, denial-of-service, privacy leakage and insecure interfaces (Makhdoom et al., 2019; Tawalbeh et al., 2020). Endpoint compromise may allow attackers to falsify measurements, see traffic, attack gateways or create botnets. Communication attacks may expose or alter data through eavesdropping, replay, spoofing and man-in-the-middle attacks. At the processing layer, stolen credentials, excessive permissions, exposed storage and vulnerable APIs can affect multiple devices simultaneously. Application threats include broken access control, injection, insecure business logic, poor session management, phishing and credential theft.

Privacy, supply-chain and lifecycle weaknesses further extend the threat surface. Excessive data collection, prolonged retention and uncontrolled sharing may create privacy and legal risks, while unsupported devices, compromised dependencies, insecure updates and inactive maintenance accounts can create long-term vulnerabilities. Human and governance failures, including incomplete inventories, unclear ownership, weak change management and poor incident response, can also decide whether technical weaknesses are exploited.

2.3 Existing Cybersecurity Controls

The literature finds several complementary security controls. **Lightweight cryptography** reduces memory, processing and energy requirements for constrained devices, while authenticated encryption provides confidentiality and integrity. NIST SP 800-232 provides a current basis for Ascon-based lightweight cryptography (Turan et al., 2025). However, secure key generation, provisioning, rotation, revocation and destruction remain essential; cryptography alone cannot provide complete Digital Ecosystem security.

Authentication and identity management provide trust foundations for people, devices, services and workloads. Certificates, cryptographic keys, hardware-backed credentials and multi-factor authentication can reduce impersonation, while least privilege and credential revocation limit misuse. At scale, identity must be managed throughout enrolment, checking and decommissioning (Saqib & Moon, 2023). **Segmentation and secure gateways** further reduce lateral movement by restricting devices to authorised destinations and services.

Intrusion detection and AI-assisted monitoring provide capabilities that preventive controls cannot. Signature-based systems are effective against known patterns, while anomaly-based methods find deviations from normal behaviour. However, false alarms, changing device behaviour, encryption, dataset imbalance and model drift remain challenges (Ferrag et al., 2020; Kaur et al., 2023; Mukhaini et al., 2024). Edge-assisted monitoring can distribute detection between endpoints, gateways and cloud services, although human oversight stays necessary.

Edge and cloud security support local processing, reduced latency, centralised identity and large-scale analytics, but distributed edge nodes and cloud misconfiguration introduce added risks. **Blockchain** can provide tamper-evident records for selected high-value events, but consensus, storage, communication and privacy overheads limit universal application. Its use should therefore be selective rather than assumed to provide complete security (Khan et al., 2024). **Zero Trust** provides continuous access

© 2026 ISARC Academy

evaluation but depends on reliable identity, device inventories, telemetry, segmentation and policy administration (Liu et al., 2024).

2.4 Empirical and Regulatory Context

The reviewed literature shows that no single security control is sufficient. Cryptography protects messages but not necessarily device behaviour; authentication limits impersonation but cannot prevent misuse by a compromised identity; intrusion detection can identify abnormal behaviour but may be inaccurate; blockchain protects selected records but not the truth of their source; and Zero Trust depends on identity, telemetry and policy. Reported effectiveness is therefore conditional on workload, topology, data sensitivity, device capability and evaluation conditions.

International standards provide a common basis for I Digital Ecosystem security. NIST IR 8259A and 8259B address IoT technical and supporting capabilities, while ETSI EN 303 645 and ISO/IEC 27400:2022 provide guidance on consumer IoT security, privacy and lifecycle management (Fagan et al., 2020, 2021; European Telecommunications Standards Institute, 2020; International Organization for Standardization, 2022). In Nigeria, the Nigeria Data Protection Act 2023 sets up requirements relevant to personal-data processing, while the National Cybersecurity Policy and Strategy and amended Cybercrimes Act provide broader cybersecurity and critical-infrastructure expectations.

Implementation in Nigeria must also consider uneven connectivity, power availability, budgets and specialist capacity. Controls requiring continuous cloud connectivity may be unsuitable where communication is unstable, while specialised technologies may be difficult to keep. A phased approach beginning with asset inventory, secure configuration, identity, segmentation, logging, backup and incident ownership provides a foundation for more advanced analytics and distributed technologies.

2.5 Research Gap

The literature proves Digital Ecosystem security as a multi-layer problem and presents numerous security technologies, but the major gap is limited integration of controls across the complete ecosystem. Existing studies often evaluate individual mechanisms under specialised conditions, making direct comparison difficult while overlooking resource constraints, lifecycle management and Nigerian operational realities. Four key gaps include separation of threat and control analysis, inadequate consideration of endpoint resource constraints, limited attention to containment, recovery and lifecycle management, and insufficient integration of international technical guidance with Nigerian conditions. The present study addresses these gaps through a layered, adaptive, resource-aware and traceable framework. The framework links controls to specific threats, security requirements and operational responsibilities. Although conceptual rather than experimentally confirmed, it provides a basis for subsequent implementation and empirical evaluation.

3. RESEARCH METHODOLOGY

3.1 Research Design

The study adopted a **qualitative integrative-review design** combined with a **conceptual design-oriented approach** to examine Digital Ecosystem cybersecurity across technologies, organisational processes and regulation. The integrative review critically examined publications, standards, legislation and policy documents, focusing on relationships, trade-offs, security requirements and operational limitations rather than statistical synthesis. The design-oriented approach translated the synthesised evidence into a conceptual Digital Ecosystem cybersecurity framework following the broad logic of design-science research: problem identification, solution aims, artefact construction and conceptual evaluation (Peffers et al., 2007). The study did not involve implementation or live demonstration, as the proposed framework is an architectural and analytical artefact. Consequently, the framework remains

© 2026 ISARC Academy

conceptual rather than experimentally validated and provides a basis for subsequent implementation and empirical evaluation.

3.2 Research Problem, Scope and Unit of Analysis

The research problem was defined as the fragmentation of security across heterogeneous Digital Ecosystem networks involving constrained devices, multiple communication protocols, distributed processing, human users and organisational processes. The unit of analysis formed four interconnected elements: **(**i) a cybersecurity threat or failure condition, (ii) the affected Digital Ecosystem layer and asset, (iii) the relevant control mechanism, and (iv) the operational constraint that may limit the control. This structure enabled technical studies, standards and Nigerian policy documents to be analysed using a common framework.

The technical scope covered endpoints, communication networks, edge/cloud processing, applications and cross-layer management. Security controls considered included secure boot, software updates, cryptography, identity and access management, segmentation, gateways, intrusion detection, artificial-intelligence-assisted monitoring, edge/cloud security, blockchain-supported integrity, Zero Trust and incident response. The contextual scope included Nigerian data-protection, cybersecurity-policy and cybercrime requirements.

3.3 Sources of Evidence and Search Procedure

The evidence base comprised peer-reviewed literature on Digital Ecosystem cybersecurity, international standards and technical guidance from NIST, ETSI and ISO, and Nigerian legislation, policy and research on cybersecurity, data protection and Digital Ecosystems readiness. The principal publication window was **January 2016 to April 2026**, with earlier foundational works retained where necessary. The search covered Digital Ecosystem cybersecurity, threats, lightweight cryptography, authentication, intrusion detection, machine learning, edge/cloud security, Zero Trust, blockchain, scalability, latency, energy, interoperability and the Nigerian cybersecurity environment. Preference was given to systematic reviews, established surveys, recent studies with clear methods and recognised standards, supported by citation chaining. The study is explicitly a **structured integrative review rather than a full systematic review**, as complete database histories, duplicate-removal records and screening counts were not preserved; therefore, no PRISMA flow diagram or claim of exhaustive retrieval is made.

3.4 Comparative Analysis of Security Controls

Security controls were compared using five criteria: **security coverage, resource suitability, response capability, scalability, and interoperability/governance**. Security coverage considered the threats a control could prevent, detect, have or support recovery from. Resource suitability considered processor, memory, energy, storage and bandwidth requirements, particularly for constrained devices. Response capability considered decision speed and dependence on remote connectivity, while scalability addressed growth in devices, identities, events, policies and logs. Interoperability and governance considered integration, standards alignment, auditability and responsibility.

The criteria were interpreted using qualitative **High, Moderate and Low** ratings. These were reasoned judgements rather than measured scores and were accompanied by narrative justification. The purpose was not to create a ranking of technologies but to find trade-offs and decide proper control placement.

3.5 Framework Development and Conceptual Evaluation

Framework development followed Six stages: defining the protected environment, mapping threats to assets and layers, deriving security requirements, selecting complementary controls, placing controls

© 2026 ISARC Academy

according to architectural capability, and evaluating the complete design against selected criteria and representative attack scenarios. Endpoint devices managed identity protection, software verification and local-data security, while gateways and edge nodes supported protocol validation, segmentation and rapid anomaly response. Cloud resources supported central policy, long-term records, model training and event correlation, while essential local operations were not assumed to depend completely on cloud availability. Negative-case reasoning recognised that encryption cannot determine false sensor information, AI cannot guarantee correct classification, blockchain cannot repair a compromised endpoint, and Zero Trust depends on trustworthy identity and policy information. Conceptual evaluation used **requirements traceability, scenario analysis and comparative judgement** across representative threats, considering prevention, evidence collection, containment, continuity and recovery. No latency, energy, accuracy, throughput or cost figures were invented because such measures require defined testbeds, hardware configurations, workloads and datasets.

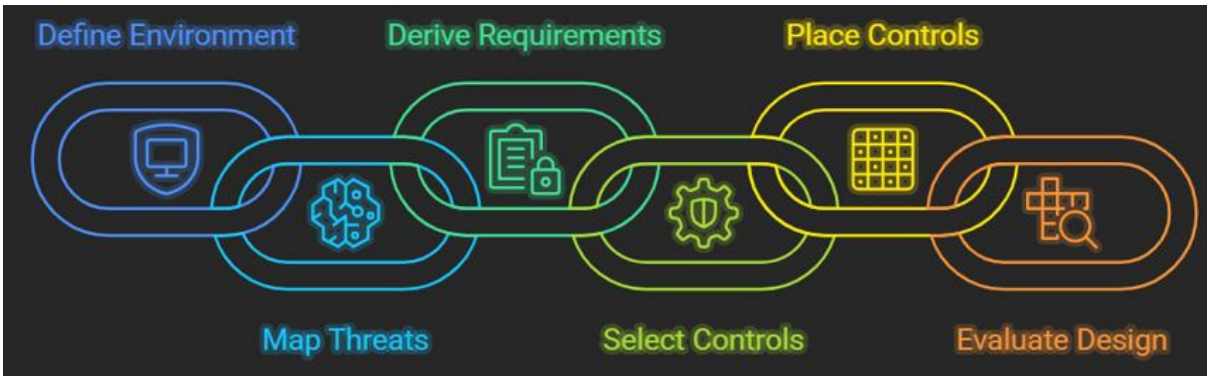


Figure 3.1: Framework Development and Conceptual Evaluation

3.7 Trustworthiness, Ethics and Limitations

Trustworthiness was supported through triangulation of peer-reviewed research, recognised standards and Nigerian legal and policy sources, while dependability was strengthened through explicit search concepts, eligibility criteria, extraction fields, coding themes and evaluation rules. Confirmability and transferability were addressed by distinguishing published evidence from researcher interpretation and considering device, network, organisational and Nigerian conditions. The study involved no human participants, personal-data collection or attacks against live systems, with ethical considerations focused on correct attribution, avoidance of fabricated data and clear separation between conceptual and measured findings. The principal limitation is the absence of empirical implementation, incomplete search histories and screening records, and differences in datasets and test conditions; therefore, the framework requires periodic review, local testing and future empirical evaluation.

4. FINDINGS, PROPOSED FRAMEWORK AND DISCUSSION

4.1 Findings from the Integrative Review

The review identified five major cybersecurity themes: **identity and lifecycle weaknesses, heterogeneity and compromise propagation, centralised visibility versus local response, uncertainty in intelligent detection, and the relationship between data integrity, privacy and governance**. Identity requires unique credentials, mutual authentication and controlled lifecycle management, while heterogeneity and scale require segmentation, device-aware policies and secure gateways to limit compromise propagation. Security responsibilities should be distributed across endpoints, edge systems and cloud services to balance local protection, rapid response, centralised policy and analytical capacity, while AI-assisted detection should complement signatures, rules and human oversight. Finally, encryption cannot guarantee truthful sensor data, making privacy, ownership,

© 2026 ISARC Academy

supplier management, incident response and retention requirements essential components of Digital Ecosystems security architecture.

4.2 Comparative Evaluation of Existing Controls

Existing controls were compared using **security coverage, resource suitability, response capability, scalability and interoperability/governance**. Lightweight cryptography is suitable for constrained devices but depends on effective key management. Identity management reduces unauthorised access but requires continuous lifecycle control. Segmentation and gateways limit compromise propagation, while IDS and AI-assisted monitoring improve visibility but depend on data quality and tuning.

Edge security provides faster local response but increases management requirements. Cloud security supports large-scale correlation but depends on connectivity, identity and configuration. Permissioned blockchain can strengthen selected audit records but introduces more overhead. Zero Trust provides continuous access-control principles but depends on reliable identity, telemetry and enforcement.

The findings show that **no single control is sufficient across all criteria**. Effective Digital Ecosystems cybersecurity therefore requires selective integration according to device capability, threat, response requirements and available resources.

4.3 Adaptive Layer of Cybersecurity Framework

The proposed framework adopts a **defence-in-depth, layered and adaptive architecture** forming four operational layers:



Figure 4.1: Adaptive Layer of Cybersecurity Framework

1. The **perception layer** is the foundation of the IoE, where sensors, RFID tags, cameras, GPS modules and wearables capture data from the physical world. Its major risks include physical tampering, resource constraints and compromised sensors that can inject false data, requiring unique device verification, lightweight encryption and authentication. Securing this layer requires balancing **device capability, cost, data reliability and risk exposure** while recognising it as a critical security boundary.

© 2026 ISARC Academy

2. The **network layer** transports data between devices, edge systems and central platforms through technologies such as Wi-Fi, Bluetooth, cellular networks and satellite links, making it highly exposed to interception and disruption. Key threats include eavesdropping, man-in-the-middle and denial-of-service attacks, requiring properly implemented encryption, authentication, credential management, network segmentation, access control, firewalls and intrusion detection. The network layer is therefore a **high-risk security channel**, where rigorous protection is essential to prevent unauthorised access, device impersonation and lateral movement across the Digital Ecosystems environment.

3. The **processing layer** transforms raw data into actionable information through cloud platforms, edge computing nodes and data centres, making it a high-value target because it concentrates sensitive data and system logic. Key risks include misconfiguration, excessive permissions, weak identity management, distributed edge-computing vulnerabilities and data manipulation, requiring strong encryption, strict access control, secure configuration and continuous monitoring. The processing layer is therefore where **trust is preserved or broken**, making consistent enforcement of security controls essential for maintaining data integrity and reliable decision-making.

4. The application layer is the user-facing component comprising mobile applications, web interfaces, dashboards and control systems, making it a primary entry point for attackers and requiring a balance between usability and security. Key vulnerabilities include weak authentication, application-level flaws such as SQL injection and XSS, poor data privacy practices and delayed security updates, requiring MFA, secure coding, encryption, proper key management and continuous maintenance. Four cross-layer control planes, such as identity, policy, visibility and response to support the architecture, with selective tamper-evident auditing, adaptive controls and human oversight strengthening security across the Digital Ecosystems environment.

4.4 Framework Lifecycle Operation

The framework works across six stages: **procurement, enrolment, normal operation, detection and containment, recovery, and update/decommissioning**. During enrolment, device identity, ownership and security state are verified. During operation, authenticated communication and segmentation restrict permitted activities. Suspicious behaviour can trigger re-authentication, restriction, quarantine or credential revocation. Recovery restores trusted configurations and updates policies or detection models, while decommissioning removes credentials and manages stored data appropriately.

This lifecycle approach ensures that prevention, detection, containment and recovery work as connected processes rather than isolated controls.

4.5 Conceptual Evaluation

The framework provides broader conceptual coverage because security functions are distributed across architectural layers. Endpoint security requirements are limited to essential functions, while computationally intensive analytics are moved to edge or cloud resources. Local enforcement also reduces dependence on continuous cloud connectivity.

Scalability and interoperability remain dependent on identity management, policy design, standards support and the diversity of deployed devices. Nigerian implementation is further influenced by infrastructure reliability, cost, procurement practices, skills and data-protection requirements.

The evaluation is **conceptual rather than experimental**. No claims are made about measured latency, energy consumption, detection accuracy, throughput or cost. These parameters require future implementation using defined hardware, workloads and attack datasets.

© 2026 ISARC Academy

4.6 Discussion

The findings show that major Digital Ecosystems threats include insecure devices and software, communication attacks, denial-of-service, application and API abuse, edge/cloud compromise, supply-chain weaknesses, privacy risks, and governance failures. The proposed framework integrates device trust, secure communication, segmentation, edge detection, cloud analytics, identity management, policy enforcement, visibility, and incident response to reduce compromise propagation while limiting demands on resource-constrained endpoints.
For Nigerian organisations, implementation should be phased from asset visibility, secure identity and segmentation to monitoring, incident response and selective AI-assisted analytics, while the framework remains subject to empirical validation under representative Nigerian Digital Ecosystems conditions.

5. SUMMARY, CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

5.1 SUMMARY

This Research examined cybersecurity solutions for Digital Ecosystems networks through a qualitative integrative review and design-oriented approach, focusing on Digital Ecosystems threats, security controls, standards and the Nigerian cybersecurity context. The study proposed a layered adaptive cybersecurity framework integrating device trust, secure communication, segmentation, edge detection, cloud governance, identity, policy controls, visibility and incident response, with conceptual rather than experimental assessment.

5.2 Conclusion

Digital Ecosystems cybersecurity depends on the coordinated application of controls across devices, communications, edge and cloud services, applications and organisational processes, rather than a single superior technology.
The proposed framework integrates identity, secure communication, segmentation, edge detection, cloud governance, AI, blockchain and Zero Trust according to their capabilities and limitations while reducing demands on constrained devices. Its contribution is conceptual and integrative rather than experimentally confirmed; therefore, implementation and empirical evaluation are required before claims of production effectiveness can be made.

5.3 Recommendations

Based on the findings, the study recommends that organisations should:

1. **Adopt security-by-design and secure procurement** by requiring unique device identity, secure boot, signed updates, protected credentials, defined vendor support, and complete Digital Ecosystems asset and data inventories.

2. **Strengthen identity, encryption and network security** by dropping default and shared credentials, using lightweight authenticated encryption, implementing effective key management, and segmenting Digital Ecosystems networks according to function and risk.

3. **Deploy layered and adaptive security controls** by using edge and cloud resources for detection and analysis, implementing Zero Trust progressively, and applying blockchain selectively for high-value provenance and audit requirements.

4. **Integrate privacy, governance and incident response** through data minimisation, retention controls, cybersecurity risk assessment, tested isolation and recovery procedures, credential revocation, firmware recovery, backup restoration and notification.

© 2026 ISARC Academy

5. **Build local capacity and confirm the framework through pilot implementation** by developing Digital Ecosystems cybersecurity skills and evaluating latency, energy consumption, detection performance, false positives, throughput and recovery time before large-scale deployment.

5.4 Contribution to Knowledge

The study makes four principal contributions. First, it provides a **layer-to-threat-to-control model** for relating cybersecurity measures to specific Digital Ecosystems architectural components. Second, it evaluates existing and emerging controls using common operational criteria. Third, it proposes a **layered adaptive framework** that distributes security functions between devices, edge and cloud resources. Fourth, it incorporates Nigerian data-protection, cybersecurity-policy and implementation considerations. The contribution is conceptual. Its originality lies in the **structured integration, comparison and traceability of existing cybersecurity controls**, rather than the invention of new security technologies.

5.5 Suggestions for Further Research

Future research should implement and evaluate the framework using representative Digital Ecosystems testbeds, assessing energy, memory, latency, throughput, detection, false-positive and recovery performance, while examining lightweight encryption, intermittent connectivity, machine-learning robustness, post-quantum cryptography and Nigerian Digital Ecosystems cybersecurity governance. Further studies should investigate the framework across Nigerian universities, healthcare, industries and public institutions to identify gaps between cybersecurity policies, procurement practices and operational implementation.

References

1. Abdullah, N. H., Shabbir, M., Ather, M. A., Rodríguez, J. L. O., & Sidorov, G. (2026). Security, privacy, and scalability trade-offs in blockchain-enabled IoT systems: A systematic analytical review. *Applied Sciences, 16*(8), 3638. https://doi.org/10.3390/app16083638
2. Adewale, A. A., Ibidunni, A. S., Atayero, A. A., John, S. N., Okesola, O., & Ominiabohs, R. R. (2019). Nigeria's preparedness for Internet of Everything: A survey dataset from the work-force population. *Data in Brief, 23*, 103807. https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.103807
3. Alaba, F. A., Othman, M., Hashem, I. A. T., & Alotaibi, F. (2017). Internet of Things security: A survey. *Journal of Network and Computer Applications, 88*, 10–28. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.04.002
4. Auwal, A. M. (2025). Invisible intrusions, internal threats and ethical vulnerabilities in Nigeria's Internet of Things. *Discover Internet of Things, 5*, 128. https://doi.org/10.1007/s43926-025-00251-0
5. Boeckl, K., Fagan, M., Fisher, W., Lefkovitz, N., Megas, K. N., Nadeau, E., Piccarreta, B., O'Rourke, D. G., & Scarfone, K. (2019). *Considerations for managing Internet of Things (IoT) cybersecurity and privacy risks* (NIST IR 8228). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8228
6. Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology, 3*(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa
7. European Telecommunications Standards Institute. (2020). *ETSI EN 303 645 V2.1.1: Cyber security for consumer Internet of Things: Baseline requirements*. https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/303600_303699/303645/02.01.01_60/en_303645v020101p.pdf
8. Fagan, M., Megas, K. N., Scarfone, K., & Smith, M. (2020). *IoT device cybersecurity capability core baseline* (NIST IR 8259A). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8259A

© 2026 ISARC Academy

9. Fagan, M., Megas, K. N., Scarfone, K., & Smith, M. (2021). *IoT non-technical supporting capability core baseline* (NIST IR 8259B). National Institute of Standards and Technology. https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8259B
10. Federal Republic of Nigeria. (2024). *Cybercrimes (Prohibition, Prevention, etc.) Act, 2015 with Amendment Act 2024*. Office of the National Security Adviser.
11. Ferrag, M. A., Maglaras, L., Moschoyiannis, S., & Janicke, H. (2020). Deep learning for cyber security intrusion detection: Approaches, datasets, and comparative study. *Journal of Information Security and Applications, 50*, 102419. https://doi.org/10.1016/j.jisa.2019.102419
12. International Organization for Standardization. (2022). *ISO/IEC 27400:2022 Cybersecurity—IoT security and privacy—Guidelines*. ISO.
13. Kaur, B., Dadkhah, S., Shoeleh, F., Pinto Neto, E. C., Xiong, P., Iqbal, S., Lamontagne, P., Ray, S., & Ghorbani, A. A. (2023). Internet of Things (IoT) security dataset evolution: Challenges and future directions. *Internet of Things, 22*, 100780. https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100780
14. Khan, I., Majib, Y., Ullah, R., & Rana, O. (2024). Blockchain applications for Internet of Things—A survey. *Internet of Things, 27*, 101254. https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101254
15. Laghari, A. A., Li, H., Khan, A. A., Yin, S., Karim, S., & Khani, M. A. K. (2024). Internet of Things (IoT) applications security trends and challenges. *Discover Internet of Things, 4*, 36. https://doi.org/10.1007/s43926-024-00090-5
16. Lin, J., Yu, W., Zhang, N., Yang, X., Zhang, H., & Zhao, W. (2017). A survey on Internet of Things: Architecture, enabling technologies, security and privacy, and applications. *IEEE Internet of Things Journal, 4*(5), 1125–1142. https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2683200

© 2026 ISARC Academy

A NEW THREAT TO SUGAR BEET PRODUCTION IN EUROPE: 16SrXII-A AND 16SrXII-P GROUP PHYTOPLASMAS

Mukaddes Sudenaz Yılmaz

Bilecik Seyh Edebali University, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, Department of PlantProtection, 11100, Gulumbe Campus, Bilecik, Türkiye

ORCID ID: 0009-0006-9769-3596

Assoc. Prof. Dr. Filiz RANDA-ZELYÜT

Bilecik Seyh Edebali University, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, Department of PlantProtection, 11100, Gulumbe Campus, Bilecik, Türkiye

ORCID ID: 0000-0002-1366-4389

ABSTRACT

Sugar beet (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*) is a fundamental industrial crop of strategic importance for sustaining the agricultural economy and the sugar industry both in Türkiye and across Europe. In particular, Rubbery Taproot Disease (RTD), associated with 16SrXII-A *'Candidatus* Phytoplasma solani' (CaPSol), has been linked to severe economic losses in Central European sugar beet growing areas. Furthermore, a novel stolbur phytoplasma subgroup, 16SrXII-P, associated with disease symptoms and high yield losses, has been identified in sugar beet-producing regions of Germany. This review aims to evaluate the molecular and genetic characteristics of the 16SrXII-P subgroup, its geographic distribution in Europe, its relationship with vector species, and its epidemiological importance for sugar beet production. In this context, the role of phloem-feeding vector insects, particularly *Pentastiridius leporinus*, in phytoplasma dynamics is of critical importance for disease monitoring and management. Recent findings in Europe highlight the necessity of identifying the 16SrXII-P subgroup through reliable molecular methods and regularly monitoring its spread. Although Türkiye possesses significant potential for sugar beet production, the lack of published research data on the presence and distribution of phytoplasma infections—particularly the 16SrXII-P subgroup—creates an important knowledge gap at the national level. Therefore, phytoplasmas in Turkish sugar beet production areas need to be investigated using molecular techniques and potential infections must be evaluated from an epidemiological perspective. This review synthesizes current literature data regarding 16SrXII-P through a holistic approach, aiming to provide a scientific foundation for future research on sugar beet phytoplasmas in Türkiye.

Keywords: Sugar beet, *'Candidatus* Phytoplasma solani', 16SrXII-P, Rubbery Taproot Disease (RTD), *Pentastiridius leporinus*, Epidemiology

AVRUPA ŞEKER PANCARI ÜRETİMİNDE YENİ BİR TEHDİT: 16SrXII-A VE 16SrXII-P GRUBU FİTOPLAZMALAR

ÖZET

Şeker pancarı (*Beta vulgaris* subsp. vulgaris), hem Türkiye hem de Avrupa genelinde tarımsal ekonominin ve şeker sanayisinin sürdürülmesinde stratejik öneme sahip temel bir endüstri bitkisidir. Özellikle 16SrXII-A *'Candidatus* Phytoplasma solani' (CaPSol) ile ilişkili Kauçuk Kök Hastalığı (*rubbery taproot disease* - RTD), Orta Avrupa şeker pancarı üretim alanlarında ciddi ekonomik kayıplarla ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, Almanya'nın şeker pancarı üretilen bölgelerinde hastalık belirtileri

© 2026 ISARC Academy

ve yüksek ürün kayıplarıyla bağlantılı, Stolbur fitoplazmasının yeni bir alt grubu olan 16SrXII-P tanımlanmıştır. Bu derleme çalışmasında; 16SrXII-P alt grubunun moleküler ve genetik özellikleri, Avrupa'daki coğrafi dağılımı, vektörlerle ilişkisi ve şeker pancarı üretimi açısından epidemiyolojik öneminin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, *Pentastiridius leporinus* başta olmak üzere floemden beslenen vektör böceklerin fitoplazmanın dinamiklerindeki rolü, hastalığın izlenmesi ve yönetimi açısından kritik önem taşımaktadır. Avrupa'da ortaya konulan güncel bulgular, 16SrXII-P alt grubunun güvenilir moleküler yöntemlerle teşhis edilmesinin ve yayılışının düzenli olarak izlenmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Türkiye, şeker pancarı üretimi açısından büyük bir potansiyele sahip olmakla birlikte, ülke bağlamında fitoplazma enfeksiyonlarının, özellikle de 16SrXII-P alt grubunun varlığı ve dağılımı hakkında yayımlanmış araştırma verilerinin bulunmaması önemli bir bilgi boşluğu oluşturmaktadır. Bu nedenle, Türkiye'deki şeker pancarı üretim alanlarında fitoplazmaların moleküler yöntemlerle araştırılması ve olası enfeksiyonların epidemiyolojik açıdan değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu derleme, 16SrXII-P'ye ilişkin güncel literatür verilerini bütüncül bir yaklaşımla bir araya getirerek Türkiye'de şeker pancarı fitoplazmalarına yönelik gelecekte yürütülecek araştırmalara bilimsel bir temel sunmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Şeker pancarı, *'Candidatus* Phytoplasma solani', 16SrXII-P, Kauçuk Kök Hastalığı (RTD), *Pentastiridius leporinus*, Epidemiyoloji

1. Introduction

Sugar beet (*Beta vulgaris* subsp. vulgaris) is an important industrial crop for the agricultural economy and sugar industry in Türkiye and Europe. Türk Şeker (2023) reported global sugar beet production of approximately 179.75 million tonnes in 2023, while Türkiye's production was reported as approximately 2,837,250 tonnes in a later sector report (Türk Şeker, 2025). As with other major crops, sugar beet production can be affected by pathogens that reduce yield and quality (Harveson et al., 2009; Toth et al., 2026).

In Europe, sugar beet has been affected by diseases associated with both the phloem-restricted bacterium '*Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus*' and phytoplasmas belonging to the 16SrXII group, including 16SrXII-A and the more recently described 16SrXII-P subgroup associated with '*Candidatus Phytoplasma solani*' (CaPSol) (Duduk et al., 2023). These agents are distinct, although they may be detected in the same production systems and have been associated with overlapping disease symptoms. Reports from Central and Southeastern Europe describe rubbery taproot disease (RTD) associated with CaPSol, while Syndrome 'Basses Richesses' (SBR) is associated with 'Ca. *Arsenophonus phytopathogenicus*' and may occur in a disease complex involving more than one agent (Gatineau et al., 2002; Ćurčić et al., 2021; Debonneville et al., 2025; Duduk et al., 2023). Symptoms reported in affected sugar beet include leaf yellowing and deformation, reduced root quality, vascular discoloration, and lower sugar content (Harveson et al., 2009; Ćurčić et al., 2021; Toth et al., 2026).

The occurrence and diversity of phytoplasmas in sugar beet production areas in Türkiye remain insufficiently documented in the literature reviewed here. In particular, the available sources do not establish whether the 16SrXII-P subgroup occurs in Türkiye. This review summarizes European findings on sugar beet diseases associated with 16SrXII-A and 16SrXII-P, with attention to their epidemiology and diagnostic challenges, and identifies research priorities for Turkish sugar beet production areas.

2. DISEASES ASSOCIATED WITH PHYTOPLASMAS AND OTHER BACTERIAL AGENTS IN SUGAR BEET

2.1 Syndrome "Basses Richesses" (SBR)

Syndrome 'Basses Richesses' (SBR) is associated with the phloem-restricted bacterium '*Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus*', rather than being a phytoplasma disease in itself (Gatineau et al.,

© 2026 ISARC Academy

2002; Behrmann et al., 2021; Toth et al., 2026). Reported symptoms include yellowing and necrosis of older leaves, narrowing or lanceolate growth of younger leaves, discoloration of root vascular tissues, and reduced sugar content and root biomass (Harveson et al., 2009; Duduk et al., 2023; Toth et al., 2026). The cixiid planthopper *Pentastiridius leporinus* has been implicated in transmission of the bacterium and has adapted to sugar beet production systems in parts of Europe, where substantial crop impacts have been reported (Gatineau et al., 2002; Behrmann et al., 2021; Toth et al., 2026). The literature reviewed for this contribution does not provide evidence sufficient to determine the occurrence or distribution of SBR and its causal bacterium in Türkiye. European outbreaks should therefore not be interpreted as evidence that the disease is present in Turkish sugar beet fields. Surveys of sugar beet plants and associated insects could help establish whether the bacterium and relevant vectors occur in local production areas.

2.2 Rubbery Taproot Disease (RTD)

Rubbery taproot disease (RTD) is associated with the 16SrXII-A subgroup of '*Candidatus Phytoplasma solani*' (CaPSol) and has been reported in sugar beet production areas of Central and Southeastern Europe (Ćurčić et al., 2021; Duduk et al., 2023; Toth et al., 2026). Reported symptoms include loss of leaf turgor, yellowing from the leaf margins, necrosis of older leaves, plant collapse, and taproots that become soft or rubbery without necessarily rotting (Ćurčić et al., 2021; Duduk et al., 2023). In sugar beet fields in the Barby region of Saxony-Anhalt, Germany, a novel subgroup designated 16SrXII-P was identified in fields showing symptoms associated with SBR and RTD. The cited studies reported that 16SrXII-P was detected more frequently than 'Ca. *Arsenophonus phytopathogenicus*' in the surveyed fields; this field-specific observation should not be generalized to all sugar beet production areas (Duduk et al., 2023; Toth et al., 2026).

Molecular characterization indicated that the 16SrXII-P strain was not amplified by the particular *stamp*, *vmp1*, and *STOL11* primer sets tested in the cited studies. This finding highlights a potential limitation of those assays for this subgroup, rather than demonstrating that all routine phytoplasma diagnostics will fail. The subgroup was further characterized using the 16S rDNA sequence and virtual restriction fragment length polymorphism (RFLP) analysis, including a reported similarity coefficient of F = 0.96 and a *Tru*1I restriction profile (Duduk et al., 2023; Toth et al., 2026).

Cixiid insects, including *Pentastiridius* and species of *Reptalus* and *Hyalesthes*, have been implicated in the epidemiology of sugar beet-associated phytoplasmas in parts of Europe. The vector species and the strength of evidence for transmission differ among studies and locations; findings for one species or country should not automatically be extrapolated to another (Gatineau et al., 2002; Ćurčić et al., 2021; Debonneville et al., 2025; Toth et al., 2026). In Türkiye, '*Ca. P. solani*' belonging to the 16SrXII-A subgroup has been reported in hosts including grapevine and tomato (Usta et al., 2021; Erilmez et al., 2022; Zelyüt, 2023). These records establish that the phytoplasma has been detected in the country, but they do not demonstrate infection of sugar beet. The presence of 16SrXII-A or 16SrXII-P in Turkish sugar beet fields, as well as the role of local insect species in transmission, remains to be determined. Targeted surveys of symptomatic and asymptomatic plants, together with molecular testing of insects collected from production fields, would help address these questions.

3. CONCLUSION

European studies show that sugar beet may be affected by different agents, including '*Candidatus Phytoplasma solani*' subgroups 16SrXII-A and 16SrXII-P and the bacterium '*Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus*'. These agents should be distinguished because they are taxonomically different, even where disease symptoms overlap. The identification of 16SrXII-P in Germany also raises a diagnostic consideration: primer sets used for other subgroups may not detect every strain, so diagnostic results should be interpreted in light of the assays used. However, the European findings do not establish that 16SrXII-P or RTD is present in Türkiye.

© 2026 ISARC Academy

Although 16SrXII-A '*Ca. P. solani*' has been reported from other hosts in Türkiye (Usta et al., 2021; Erilmez et al., 2022; Zelyüt, 2023), its occurrence in sugar beet has not been demonstrated in the literature reviewed here. Future work should prioritize systematic sampling of sugar beet plants across production regions, molecular characterization of any detected phytoplasmas, and investigation of associated insect populations. These studies would provide the evidence needed to assess the occurrence, genetic diversity, and epidemiological significance of sugar beet-associated phytoplasmas in Türkiye.

REFERENCES

Behrmann, S. C., Schwind, M., Schieler, M., Vilcinskas, A., Martinez, O., Lee, K.-Z., & Lang, C. (2021). Spread of bacterial and virus yellowing diseases of sugar beet in South and Central Germany from 2017–2020. *Sugar Industry*, 146, 476–485.

Ćurčić, Ž., Kosovac, A., Stepanović, J., Rekanović, E., Kube, M., & Duduk, B. (2021). Multilocus genotyping of 'Candidatus Phytoplasma solani' associated with rubbery taproot disease of sugar beet in the Pannonian Plain. *Microorganisms*, 9(9), 1950.

Debonneville, C., Dubuis, N., & Schumpp, O. (2025). First detection of a 'Candidatus Phytoplasma solani'-related strain infecting sugar beet in Switzerland. *New Disease Reports*, 51(1).

Duduk, B., Ćurčić, Ž., Stepanović, J., Böhm, J. W., Kosovac, A., Rekanović, E., & Kube, M. (2023). Prevalence of a 'Candidatus Phytoplasma solani'-related strain designated as new 16SrXII-P subgroup over 'Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus' in sugar beet in Eastern Germany. *Plant Disease*, 107 (12), 3792–3800.

Erilmez, S., Kaya, A., Üstün, N., Güven, N., Altındişli, F. Ö., & Özsemerci, F. (2022). Ege Bölgesi bağ alanlarında fitoplazma hastalıklarının ve olası vektör böcek türlerinin belirlenmesi. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 32 (2), 264–276.

Gatineau, F., Jacob, N., Vautrin, S., Larrue, J., Lherminier, J., Richard-Molard, M., & Boudon-Padieu, E. (2002). Association with the syndrome "basses richesses" of sugar beet of a phytoplasma and a bacterium-like organism transmitted by a *Pentastiridius* sp. *Phytopathology*, 92 (4), 384–392.

Harveson, R. M., Hanson, L. E., & Hein, G. L. (2009). *Compendium of beet diseases and pests* (2nd ed.). American Phytopathological Society.

Toth, R., Kaufmann, T., Schulten, M., Dunemann, S., Huettel, B., Varrelmann, M., & Kube, M. (2026). Diversity analysis of the sugar beet pathogens 'Candidatus Arsenophonus phytopathogenicus' and 'Ca. Phytoplasma solani'. *Plants*, 15 (11), 1618. https://doi.org/10.3390/plants15111618

Türk Şeker. (2023). *2023 sektör raporu*. https://www.turkseker.gov.tr/data/dokumanlar/Sektor_Raporu_2023.pdf

Türk Şeker. (2025). *2025 sektör raporu*. https://www.turkseker.gov.tr/data/dokumanlar/2025_sektor_raporu.pdf

Usta, M., Güller, A., & Demirel, S. (2021). Molecular identification of 'Candidatus Phytoplasma solani' using *SecY* and *Vmp1* genes in tomato plants from Van province. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31 (4), 951–960. https://doi.org/10.29133/yyutbd.950047

Zelyüt, F. R. (2023). Genetic diversity and molecular variability of 'Candidatus Phytoplasma solani' based on multilocus sequence typing analysis in tomato plantations of western Turkey. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 127, 102120.

© 2026 ISARC Academy

TÜRKİYE BAĞ ALANLARINDA GÖRÜLEN FİTOPLAZMA HASTALIK ETMENLERİNİN EPİDEMİYOLOJİK DEĞERLENDİRMESİ

Mukaddes Sudenaz Yılmaz

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 11100, Gülümbe Kampüs, Bilecik

ORCID ID: 0009-0006-9769-3596

Doç. Dr. Filiz RANDA-ZELYÜT

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 11100, Gülümbe Kampüs, Bilecik

ORCID ID: 0000-0002-1366-4389

ÖZET

Zengin genetik çeşitliliği ve elverişli ekolojik koşullarıyla dünya bağcılığında kritik bir konuma sahip olan Türkiye'de bağcılık sektörü; ülke ekonomisi, kırsal kalkınma ve tarımsal ihracat açısından stratejik bir role sahiptir. Ancak son yıllarda özellikle Avrupa'da yaygınlaşan fitoplazma hastalıkları, yol açtığı şiddetli verim ve kalite kayıplarıyla bağ alanlarında sürdürülebilir üretimi tehdit eden başlıca biyotik faktörlerden biri haline gelmiştir. Türkiye bağ alanlarında daha önce yapılan çalışmalarda fitoplazma enfeksiyonlarının varlığı ve yaygınlığı bildirilmiştir. Özellikle Avrupa-Akdeniz havzasındaki ülkelerde yaygın olarak görülen, yabani ve kültür asmalarının tehlikeli fitoplazma hastalıklarından biri olan Asma Sarılığı (GY) ya da Bois Noir (BN) hastalığının etmeni 16SrXII-A grubuna ait '*Candidatus* Phytoplasma solani' (CaPSol) olarak bilinmektedir. Bununla birlikte, ülkemiz bağ alanlarında 16SrV grubu fitoplazmalar ile birlikte Aster sarılığı (16SrI-B) ve Güvercin bezelyesi cadı süpürgesi (pigeon pea witches' broom - 16SrIX) gruplarına ait fitoplazmalar da tespit edilmiştir. Bu derleme çalışmasında; Türkiye bağlarında yürütülen çalışmalar, etmenlerin taksonomik çeşitliliği, ulusal ve uluslararası literatürde bildirilen çok lokuslu genotiplendirme (MLST) profilleri, vektör-konukçu ilişkileri ve entegre mücadele yaklaşımlarına dair güncel veriler bütüncül bir bakış açısıyla sentezlenmiştir. Literatür bulguları, Türkiye bağlarındaki ana fitoplazma etmeninin Bois Noir (CaPSol) olduğunu; 16SrV ve 16SrI-B gruplarınında epidemiyolojik karmaşıklığı artırdığını göstermektedir. Bağ alanlarından elde edilen kısıtlı sayıdaki '*Ca*. P. solani' suşunda yapılan MLST genotiplendirme (*tuf, vmp1, SecY*) analizleri, etmenin baskın olarak tarla sarmaşığı (*Convolvulus* spp.) ile ilişkili *tuf*-b genotipinde yer aldığını ortaya koymuştur. Vektör-fitoplazma-konukçu dinamikleri ile birlikte etmenin epidemiyolojisi göz önüne alındığında; bağlarda sürdürülebilir koruma için sertifikalı dikim materyali kullanımı, yabancı ot kontrolü ve düzenli moleküler izleme stratejilerinin bir arada uygulandığı entegre bir mücadele yaklaşımı için gelecek çalışmaların yaygınlaşmasını zorunlu kılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Fitoplazma, bağ, vektör, kontrol, genetik grup

EPIDEMIOLOGICAL ASSESSMENT OF PHYTOPLASMA DISEASE AGENTS OCCURRING IN VINEYARD AREAS OF TÜRKİYE

ABSTRACT

With its rich genetic diversity and favorable ecological conditions, Türkiye holds a critical position in world viticulture, and the viticulture sector in Türkiye has a strategic role in terms of the national economy, rural development, and agricultural exports. However, in recent years, phytoplasma diseases,

© 2026 ISARC Academy

which have especially become widespread in Europe, have become one of the main biotic factors threatening sustainable production in vineyards due to the severe yield and quality losses they cause. Previous studies in Türkiye vineyards have reported the presence and prevalence of phytoplasma infections. In particular, the agent of Bois Noir (BN) or Grpavine Yellows (GY), one of the most dangerous phytoplasma diseases of wild and cultivated grapevines widely observed in European-Mediterranean countries, has been known as *'Candidatus* Phytoplasma solani' (CaPSol), belonging to the 16SrXII-A group. In addition, phytoplasmas belonging to the 16SrV group, as well as Aster yellows (16SrI-B) and pigeon pea witches' broom (16SrIX) groups, have also been detected in the vineyard areas of our country. In this review, studies conducted in Türkiye vineyards, taxonomic diversity of the agents, multilocus sequence typing (MLST) profiles reported in national and international literature, vector-host interactions, and integrated management approaches have been synthesized from a holistic perspective. Literature findings indicate that the primary phytoplasma agent in Türkiye vineyards is BN (CaPSol), while the 16SrV and 16SrI-B groups further increase epidemiological complexity. MLST genotyping (*tuf, vmp1, SecY*) analyses performed on a limited number of CaPSol strains obtained from vineyards revealed that the pathogen predominantly belongs to the *tuf-b* genotype associated with field bindweed (*Convolvulus* spp.). Considering the epidemiology of the pathogen alongside vector-phytoplasma-host dynamics, an integrated management approach combining the use of certified planting material, weed control, and regular molecular monitoring strategies necessitates the expansion of future research for sustainable protection in vineyards.

Keywords: Phytoplasma, vineyard, vector, control, genetic group

1. Introduction

Phytoplasmas are bacterial plant pathogens capable of causing devastating yield losses in a wide range of crops worldwide, regardless of whether their economic value is low or high (Bertaccini, 2007). These organisms live as obligatory symbionts, depending on both plant and insect hosts, and typically require both to spread in natural environments. Within their plant hosts, they are largely confined to the phloem (Doi et al., 1967), migrating through the plant via the pores of sieve plates that separate phloem sieve tubes. The insects that transmit phytoplasmas are phloem-feeding members of the Order Hemiptera, primarily Cicadellidae (leafhoppers), Fulgoromorpha (planthoppers), and Psyllidae (psyllids) (Weintraub and Beanland, 2006). The morphological and genetic traits of phytoplasmas are the product of a highly reductive evolutionary process, making them unique among known organisms (Xu et al., 2026).

The history of grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivation dates back nearly 11,000 years (Dong et al., 2023), and today, the plant is widely grown across many geographical regions of the world. However, yield and quality in viticulture are often negatively impacted by various biotic and abiotic factors; notably, recent studies have reported that phytoplasmas are causing significant damage to grapevines throughout Europe and the Mediterranean basin (Genov et al., 2026). Grapevine phytoplasma diseases manifest through common symptoms such as yellowing or reddening along the leaf veins accompanied by downward curling, a failure of shoots to lignify (resulting in a flexible structure), and the drying of grape clusters followed by berry drop. Türkiye occupies a dual role as an age-old evolutionary cradle and a foremost domestication center for the grapevine, sheltering more than a thousand indigenous cultivars and wild populations that have adapted to widely differing microclimates (Kaya et al., 2023). Moreover, fungal, bacterial, viral, and phytoplasma pathogens that considerably influence grape yield and quality in Türkiye have been identified in earlier studies (Akgül and Ahioğlu, 2019; Özben et al., 2012; Şimşek and Güldür, 2021; Ulubaş-Serçe, 2018). An evaluation of the overall research effort on these pathogens reveals that investigations into phytoplasma infections have remained restricted, and contemporary screening efforts are still lacking.

Various phytoplasma groups associated with grapevine yellowing diseases have been reported across major viticultural regions in Türkiye. Among these, Bois noir (BN), caused by '*Ca*. Phytoplasma solani' belonging to the 16SrXII-A subgroup, is recognized as the most predominant and widespread phytoplasma disease in national vineyards (Ertunç et al., 2015). The epidemiological spread of BN in

© 2026 ISARC Academy

Turkish vineyards has been predominantly linked to insect vectors including *Hyalesthes obsoletus*, *Psammotettix provincialis*, and *Balclutha hebe* (Bayram et al., 2014; Ertunç et al., 2015; Kaya et al., 2025). Conversely, Aster yellows ('*Ca*. Phytoplasma asteris', subgroup 16SrI-B) has been documented with limited and sporadic occurrences, primarily in the Aegean and Southeastern Anatolia regions (Canik et al., 2011; Şimşek and Güldür, 2021). Nevertheless, the identification of potential leafhopper vectors within the grapevine canopy underscores the epidemiological risk and transmission potential of this subgroup within the local vineyard ecosystem (Canik et al., 2011; Ertunç et al., 2015). Furthermore, phytoplasmas belonging to the 16SrIX group (Pigeon pea witches' broom) were reported for the first time in Turkish grapevines, exhibiting a localized distribution; however, their vector associations and transmission ecology remain under active investigation (Canik et al., 2011; Ertunç et al., 2015; Şimşek and Güldür, 2021). Although 16SrV group phytoplasmas (subgroups 16SrV-C and 16SrV-D) have also been isolated from grapevines in Türkiye, the presence of epidemic Flavescence dorée (FD) phytoplasma ('*Ca*. Phytoplasma vitis') has not been confirmed. Importantly, extensive national surveys have failed to detect Scaphoideus titanus, the principal vector of FD, which constitutes a crucial epidemiological finding when evaluating the current risk status of FD in Türkiye (Bayram et al., 2014; Ertunç et al., 2015; Şimşek and Güldür, 2021).

2. Initial Epidemiological Surveys Across Türkiye

Comprehensive field surveys conducted across multiple geographical regions—including Central Anatolia, the Aegean, Marmara, Thrace, Southeastern Anatolia, and Eastern Anatolia—revealed that the 16SrXII-A (CaPSol- BN) subgroup is the predominant and widespread phytoplasma agent infecting grapevines (Ertunç et al., 2015). In contrast, occurrence of other phytoplasma groups was highly restricted and sporadic: the 16SrV group was detected in isolated samples from Çanakkale (Marmara) (Ertunç et al., 2015), Manisa (Aegean) (1 strain), and Elazığ (Eastern Anatolia). Furthermore, Eastern Anatolia (Elazığ) yielded detections of the 16SrIX group, while a single isolate of the 16SrI-B subgroup was identified in Kırklareli (Thrace) (Ertunç et al., 2015In Southeastern Anatolia, surveys carried out in the Adıyaman and Şanlıurfa provinces reported the presence of both 16SrXII-A and 16SrI-B (*Ca.* P. asteris) subgroups in vineyard areas (Şimşek and Güldür, 2021). Additionally, a recent study conducted in the Eastern Mediterranean region (Hatay and Kahramanmaraş provinces) confirmed the occurrence of the 16SrXII-A subgroup (Kaya et al., 2025).

3.Vector Insects and Host Weeds

Vector insects and weed hosts play a crucial role in the dissemination and persistence of phytoplasmas within vineyard ecosystems. However, investigations concerning phytoplasma infection rates among potential vectors and wild reservoirs in Turkish vineyards remain strikingly limited.

Phytoplasmas associated with grapevine yellows diseases are primarily transmitted by hemipteran insects within the suborder Auchenorrhyncha, most notably members of the families Cixiidae and Cicadellidae (Weintraub and Beanland, 2006). The causal agent of CaPSol- BN (Quaglino et al., 2013), is predominantly vectored by the polyphagous cixiid planthopper *Hyalesthes obsoletus* Signoret, which feeds on grapevines only as an occasional and non-preferred host. *H. obsoletus* is widely distributed across Central Europe and displays a strong feeding preference for *Urtica dioica* L. (stinging nettle) and *Convolvulus arvensis* L. (field bindweed), though it can also complete its lifecycle on other herbaceous and woody hosts, such as *Crepis foetida*, *Lavandula angustifolia*, *Salvia sclarea*, and *Vitex agnus-castus*.

The observed spread of CaPSol in regions where *H. obsoletus* is absent points to the presence of alternative vectors. For instance, *Reptalus panzeri* was recently confirmed to transmit CaPSol to grapevines in Serbia (Cvrković et al., 2014). Furthermore, although species including *Macrosteles quadripunctatus (*Batlle et al., 2008), *Anaceratagallia ribauti* (Riedle-Bauer et al., 2008), and *Reptalus quinquecostatus* (Chuche et al., 2016) can transmit the phytoplasma under laboratory conditions, their

© 2026 ISARC Academy

operational role in field infections remains unverified. In Türkiye, a recent field study provided crucial insights by confirming that leafhopper species including *Psammotettix provincialis*, *Empoasca* sp., and *Balclutha hebe* were naturally infected with *'Ca.* P. solani' (Kaya et al., 2025). Interestingly, the same study identified *'Candidatus* Phytoplasma mali' (apple proliferation phytoplasma, 16SrX-A) within *Convolvulus arvensis* weed specimens collected from the vineyard habitat (Kaya et al., 2025). In Türkiye, these findings showed the need for broader, systematic investigations of phytoplasma infections in vineyard-associated insect vectors and weed hosts to clarify their epidemiological roles and improve understanding of phytoplasma transmission dynamics in Türkiye viticulture.

4. Molecular Genotyping (MLST) of CaPSol

Multilocus sequence typing (MLST) has become the standard approach for resolving the genetic structure and epidemiological relationships of CaPSol populations (Plavec et al., 2024). By sequencing housekeeping and membrane-associated genes—most commonly *tuf*, *secY*, *vmp1*, and *stamp*—MLST enables discrimination of strains that remain indistinguishable by 16S rRNA gene analysis alone. In the European and Mediterranean context, the *tuf* gene has served as a primary epidemiological marker, with *tuf-b* (particularly the *tuf-b1* subtype) being strongly associated with field bindweed (*Convolvulus arvensis*) and the cixiid planthopper *Hyalesthes obsoletus*, whereas *tuf-a* and *tuf-b2* types are linked to stinging nettle (*Urtica dioica*) and its associated *H. obsoletus* populations . The *vmp1* and *stamp* genes provide finer resolution due to their higher variability, revealing host-specific and geographic structuring of CaPSol lineages across European vineyards.

In Türkiye, MLST-based characterization of CaPSol strains from grapevine remains notably limited compared to European countries, and the available data derive largely from non-grapevine hosts or from geographically restricted surveys. A recent study characterizing CaPSol in cucurbits from the Marmara region reported that all cucurbit-associated strains belonged to the *tuf-b1* genotype, with *stamp* genotypes previously documented in other crops and wild reservoirs, and *vmp1* types V4 and V14 that are widespread in the Mediterranean basin Randa-Zelyüt and Karanfil, 2025). These findings indicate that CaPSol populations in Türkiye are not host-specific to cucurbits and likely persist in alternative reservoir plants, reinforcing the need for broader surveillance across vineyard ecosystems (Randa-Zelyüt and Karanfil, 2025).

More directly relevant to grapevine, MLST data remain scarce. A study on tomatoninfecting CaPSol strains in Türkiye determined that all tested strains were *tuf-b*, linked to *Convolvulus arvensis*, with notable genetic variability detected in the *vmp1* gene, including *vmp1* profiles from tomato that did not match any previously reported V-type (Zelyüt, 2023). Although these strains were not of grapevine origin, the dominance of *tuf-b* and the association with *C. arvensis* are consistent with the epidemiological pattern observed in Türkiye vineyards, where bindweed-associated *H. obsoletus* populations have been implicated in BN spread. The limited MLST characterization of grapevine-derived CaPSol strains from Türkiye means that the full extent of genotype diversity, the relationship between grapevine and weed-associated strains, and the potential role of alternative vectors remain unresolved. Future studies applying standardized MLST schemes to CaPSol strains collected systematically from Turkish vineyards, their associated weed reservoirs, and potential insect vectors are therefore essential for clarifying the epidemiological cycle and informing region-specific management strategies.

5. Conclusion

In conclusion, *Bois noir*, caused by CaPSol (16SrXII-A), is the most widely reported phytoplasma disease affecting vineyards in Türkiye. Other groups, including 16SrI-B, 16SrIX, and 16SrV, have also been detected, although their occurrence appears more limited. The absence of *Scaphoideus titanus* in reported surveys suggests that Flavescence dorée has not yet become established as an epidemic disease in Turkish vineyards. However, the detection of *'Ca. P. solani'* in leafhopper species such as *P.*

© 2026 ISARC Academy

provincialis, *Empoasca* sp., and *Balclutha hebe*, together with reports of the bindweed-associated *tuf-b1* genotype, highlights the complexity of phytoplasma transmission and the potential role of alternative hosts, including *C. arvensis*. Further research in Türkiye should focus on broader molecular characterization of grapevine-associated isolates using markers such as *tuf*, *vmp1*, *secY*, and *stamp*, as well as studies to clarify the vector competence of insects found in vineyards. Also, the use of healthy planting material, appropriate weed management, and regular molecular surveillance should be considered important components of an integrated approach to reducing phytoplasma risks in Türkiye viticulture.

REFERENCES

Akgül, D. S., & Ahioğlu, M. (2019). Fungal pathogens associated with young grapevine decline in the Southern Turkey vineyards. In *BIO web of conferences* (Vol. 15, p. 01027). EDP Sciences.

Bayram, S., Zeybekoglu, U., Soylemezoglu, G., Canik, D., Karavin, M., Cakir, A., & Ertunc, F. (2014). Presence of putative insect vectors of grapevine yellows phytoplasmas in Turkey. *Phytopathogenic Mollicutes*, *4*(1), 22-26.

Batlle, A., Altabella, N., Sabaté, J., & Laviña, A. (2008). Study of the transmission of stolbur phytoplasma to different crop species, by Macrosteles quadripunctulatus. *Annals of Applied Biology*, *152*(2), 235-242.

Bertaccini, A. (2007). Phytoplasmas: diversity, taxonomy, and epidemiology. Front Biosci, 12(2), 673-689.

Canik, D., Ertunc, F., Paltrinieri, S., Contaldo, N., & Bertaccini, A. (2011). Identification of different phytoplasmas infecting grapevine in Turkey. *Bulletin of Insectology*, *64*(Supplement), 225-226.

Chuche, J., Danet, J. L., Salar, P., Foissac, X., & Thiery, D. (2016). Transmission of ‘Candidatus Phytoplasma solani’by reptalus quinquecostatus (Hemiptera: Cixiidae). *Annals of Applied Biology*, *169*(2), 214-223.

Cvrković, T., Jović, J., Mitrović, M., Krstić, O., & Toševski, I. (2014). Experimental and molecular evidence of R eptalus panzeri as a natural vector of bois noir. *Plant pathology*, *63*(1), 42-53.

Doi, Y. O. J. I., Teranaka, M., Yora, K., & Asuyama, H. (1967). Mycoplasma-or PLT group-like microorganisms found in the phloem elements of plants infected with mulberry dwarf, potato witches' broom, aster yellows, or paulownia witches' broom. Japanese Journal of Phytopathology, 33(4), 259-266.

Dong, Y., Duan, S., Xia, Q., Liang, Z., Dong, X., Margaryan, K., ... & Chen, W. (2023). Dual domestications and origin of traits in grapevine evolution. *Science*, *379*(6635), 892-901.

Ertunc, F., Orel, D. C., Bayram, S., Paltrinieri, S., Bertaccini, A., Topkaya, S., & Soylemezoglu, G. (2015). Occurrence and identification of grapevine phytoplasmas in main viticultural regions of Turkey. *Phytoparasitica*, *43*(3), 303-310.

Genov, N. M., Filippin, L., & Angelini, E. (2026). First report of Flavescence Dorée Phytoplasma Infecting Grapevines (Vitis vinifera L.) in Bulgaria. *Plant Disease*, https://doi.org/10.1094/PDIS-05-26-0946-PDN.

Kaya, K., Ordek, K., Ulasli, B., Tulum, I., & Caglayan, K. (2025). Identification of phytoplasmas and their potential leafhopper vectors in vineyards of the East Mediterranean Region of Türkiye. *Phytopathogenic Mollicutes*, *15*(2), 242-248.

Kaya, H. B., Dilli, Y., Oncu-Oner, T., & Ünal, A. (2023). Exploring genetic diversity and population structure of a large grapevine (Vitis vinifera L.) germplasm collection in Türkiye. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1121811.

Özben, S., Değirmenci, K., Demirci, F., & Uzunok, S. (2012). First report of Phaeoacremonium scolyti associated with esca and Petri diseases of grapevine in Turkey. *Plant disease*, *96*(5), 766-766.

Plavec, J., Ivančan, G., Škorić, D., Foissac, X., & Šeruga Musić, M. (2024). Genetically divergent'Candidatus Phytoplasma solani 'isolates in Croatian vineyard pathosystems suggest complex epidemiological networks. *Phytopathology research*, *6*(1), 46.

© 2026 ISARC Academy

Quaglino F, Zhao Y, Casati P, Bulgari D, Bianco PA, Wei W, Davis RE. 'Candidatus Phytoplasma solani', a novel taxon associated with stolbur- and bois noir-related diseases of plants. Int J Syst Evol Microbiol. 2013 Aug;63(Pt 8):2879-2894.

Randa-Zelyüt, F., & Karanfil, A. (2025). Multilocus sequence typing of "Candidatus Phytoplasma Solani" and detection of RNA viruses infecting cucurbits in the Marmara Region, Türkiye. *Plant Pathology*, *74*(6), 1905-1914.

Riedle-Bauer, M., Sára, A. & Regner, F. (2008) Transmission of a stolbur phytoplasma by the *Agalliinae* leafhopper *Anaceratagallia ribauti* (Hemiptera, Auchenorrhyncha, Cicadellidae). *J. Phytopathol.* 156, 687–690

Şimşek, E., & Güldür, M. (2021). Detection and molecular characterization of phytoplasmas based on 16s rDNA gene region by phylogenetic and in silico RFLP analysis of local grapevine cultivars in Şanlıurfa and Adıyaman. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, *25*(2), 204-213.

Ulubaş Serçe, Ç., Altan, B., Bolat, V., Ayyaz, M., Çifçi, O., Önder, S., ... & Maliogka, V. I. (2018). First Report of grapevine Roditis leaf discoloration-associated virus infecting grapevine (Vitis vinifera) in Turkey. *Plant Disease*, *102*(1), 256.

Weintraub, P. G., & Beanland, L. (2006). Insect vectors of phytoplasmas. Annual review of Entomology, 51(1), 91-111.

Xu, Z., Peng, L., Xing, P., Gao, Y., Yu, Y., Wang, T., Song, Z., Zhao, W., Cheng, Y., & Hu, Q. (2026). Recent Advances in Diagnosing and Managing Phytoplasma Diseases. Agronomy, 16(5), 504. https://doi.org/10.3390/agronomy16050504

Zelyüt, F. R. (2023). Genetic diversity and molecular variability of'Candidatus Phytoplasma solani'based on multilocus sequence typing analysis in tomato plantations of western Turkey. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, *127*, 102120.

© 2026 ISARC Academy