10. Uluslararası Uludağ Bilimsel Araştırmalar Kongresi

14-15 Kasım 2026- Bursa



EDİTÖRLER;
Prof. Dr. Emine KOCA
Prof. Dr. Fatma KOÇ

İKSAD Publishing House

www.isarconference.org

KONGRE KİTABI
CİLT 1

ISARC Academy

INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

INTERNATIONAL **ULUDAĞ** SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS-X

November 14-15, 2026 / Bursa, TURKEY

PROCEEDINGS BOOK

EDİTORLER

Prof. Dr. Emine KOCA

Prof. Dr. Fatma KOÇ

by

IKSAD PUBLISHING HOUSE®

All rights of this book belong IKSAD Publishing House

Authors are responsible both ethically and juridically

IKSAD Publications – 2026©

Issued: 26.11.2026

ISBN: 978-625-378-796-7

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE
INTERNATIONAL ULUDAĞ SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS-X

DATE and PLACE
November 14-15, 2026 / Bursa, TURKEY

PARTICIPATION
Keynote & Invited

PARTICIPANTS COUNTRY(27)
Türkiye,Albania,Algeria,Azerbaijan,Bangladesh,Brazil,Bosnia And Herzegovina,Egypt,Ethiopia,Georgia,India,Indonesia,Iraq,Iran,KKTC,London, Nigeria,Macedonia,Moldova,Morocco,Serbia,Spain,Romania,Pakistan,Poland, Ukraine, Uzbekistan,Vietnam

CONGRESS PRESIDENT
Prof. Dr. Emine KOCA
Ankara Hacı Bayram Veli university

CHAIRMAN OF THE ORGANIZING COMMITTEE
Prof. Dr. Fatma KOÇ
Ankara Hacı Bayram Veli University

GENERAL COORDINATOR
Melike KAYA
ISARC Academy,Türkiye

NUMBER of ACCEPTED PAPERS- (Türkiye- 149, Other Countries- 157)

'Compliance With Publication Ethics İs The Sole Responsibility Of The Authors; Accordingly, They Bear Both Ethical And Legal Accountability'

ORGANIZING COMMITTEE:

Prof.Dr.Hatice TAMBAĞ

Prof. Dr. Meral SERTEL

Prof. Dr. Necmi DÜŞÜNCELİ

Prof. Dr. Neslihan ŞAHİN

Prof. Dr. Orhan KAVAK

Prof. Dr. Serpil ÜNVER SARAYDIN

Prof. Dr. Tolga ULUSOY

Prof. Dr. Yadigar GÜLSEVEN SIDIR

Assoc. Prof. Dr. Gülbeyaz BARAN DURMAZ

Assoc. Prof. Dr. Malik YILMAZ

Assoc. Prof. Dr. Melih OKCU

Assoc. Prof. Dr. Esra YILDIZ

Assoc. Prof. Dr. Özlem ÜLGER DANACI

Assoc. Prof. Dr. Sahure YARİŞ

Assoc. Prof. Dr. Seda BENGİ

Assoc. Prof. Dr. Sema SAĞLIK

Assoc. Prof. Dr. Serap Ünal

Assoc. Prof. Dr. Şükrü KALAYCI

Assoc. Prof. Dr. Zamıg TEHMEZOV

Assoc. Prof. Dr. Zeynep Deniz ŞAHİN İNAN

Assoc. Prof. Dr. Zulfiyya ISMAYIL

Assoc. Prof. Dr. Zühal OKCU

Dr. Aziz İLGAZİ

Dr. Bahar TÜRKMENOĞLU

Dr. Laleş USLU AZARAK

Dr. Mine KIRKYOL

Dr. Sevil ÖZCAN

Dr. Sümeyye GÖKÇENOĞLU

Dr. Şengül ŞENTÜRK

Dr. Rana BAYTİN ALACI

SCIENTIFIC AND ADVISORY BOARD:

Prof. Dr. Adil AKINCI
Bilecik Şeyh Edebali University

Prof. Dr. Ahmet AKKÖSE
Atatürk University

Prof. .Dr. Aparna SRIVASTA
Noida International University

Prof. Dr. Ahmet Niyazi ÖZKER
Bandırma Onyedi Eylül University

Prof. Dr. Ali AKİL
Saiyed Parul University

Prof. Dr. Ali OKATAN
İstanbul Aydın University

Prof. Dr. Anvar ABBASOV
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

Prof. Dr. Anwar Ali Shah G. SYED
University Of Sindh Jamshoro

Prof. Dr. Asım KAYGUSUZ
Inonu University

Prof. Dr. Arif BABANLI
Süleyman Demirel University

Prof. Dr. Cengiz SARIKÜRKCÜ
Afyonkarahisar University

Prof. Dr. Cenk YAVUZ
Sakarya University

Prof. Dr. Ekrem Yaşar AKÇAY
Süleyman Demirel University

Prof. Dr. Emrullah FATİŞ
Kırşehir Ahi Evran University

Prof. Dr. Faiz Muhammad SHAİKH
Sindh Agriculture University Tando Jam

Prof. Dr. Hasan Hüseyin DOĞAN
Selçuk University

Prof. Dr. Hazim Abd Mohammed ALJEWAREE
Alkıtab University

Prof. Dr. Halil BOLU

Dicle University

Prof. Dr. Haluk ÖZPARLAK
Selçuk University

Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK
Gaziantep University

Prof. Dr. Gülsen ASMAN
Gazi University

Prof. Dr. Ivan PAVLOVİC
Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia

Prof. Dr. İbrahim BAYRAMOV
Azerbaycan Devlet Pedagoji University

Prof. Dr. İshak KESKİN
İstanbul University

Prof Dr. Manole COJOCARU
Carol Davıla University

Assoc. Prof. Dr. Eda ÖZ ÇELİKBAŞ
Karabük University

Assoc. Prof. Dr. Erhan ERDEL
Iğdır University

Assoc. Prof. Dr. Fariz AHMADOV
Azerbaycan Devlet İktisat University

Assoc. Prof. Dr.Fouzia BENOUDJIT
M'hamed Bougara university, Boumerdes, Algeria/Materials Science and Engineering

Assoc. Prof. Dr. Faruk KALAY
Yüzüncü Yıl University

Assoc. Prof. Dr. Gönül SAMEDOVA
Azerbaycan Devlet Pedagoji University

Assoc. Prof. Dr. Kalsoom TARIQ
Khyber Girls Medical Collage

Assoc. Prof. Dr. Naseem AKHTER
Shaheed Benazir Bhutto Women University

Assoc. Prof. Dr. Nursen IŞIK

Dicle University

Assoc. Prof. . Dr. Orhan TURAN
Batman University

Assoc. Prof. Dr. Özlem GÜNDOĞDU AYTAÇ
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Özlem KAYA
Uşak University

Assoc. Prof. Dr. Reyhan DADAŞOVA
Azerbaycan Bakü Biznes University

Assoc. Prof. Dr. Rozina KHATTAK
Shaheed Benazir Bhutto Women University

Assoc. Prof. Dr. Seyfaddin JAFAROV
Nakhchivan State University/AZERBAIJAN

Assoc. Prof. Mulıkat Folashade USMAN
Usmanu Danfodıyo Unıversıty

Asst.Prof.Dr. Ferhat ATİK
Girne Amerikan Üniversitesi

Dr. Ajay B. GADİCHA
Sant Gadge Baba Amravati University

Dr. Andaç Kutay SAKA
Ordu University

Dr. Aqil MEMMEDOV
Azerbaycan Devlet İktisat University

Dr. Aynure Eliyeva
Azerbaycan Devlet Pedaqoji Universiteti

Dr. Babak SAFAEI
Tsingha University

Dr. E. Vldan BURGAZ
Doğu Akdeniz Üniversitesi/KKTC

Dr. Elşn MEMMEDLİ
Azerbacan Devlet İktisat University

Dr. Faial SULTAN
Hazara University

Dr. Ghnshyam BARMAN
Uka Taradia University

Dr. Gülr MİRZEYEVA
Azerbayan Devlet İktisat University

Dr. Gülen MEHERREMOVA
Azerban Diller University

Dr. Hasn ZARIOUH
Mohamed First University

Scientific Development and Innovative Approach

*INTERNATIONAL **ULUDAĞ***
SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS-X

NOVEMBER 14-15, 2026 Bursa, TURKEY

Congress Program

Participant Countries (27):

Türkiye,Albania,Algeria,Azerbaijan,Bangladesh,Brazil,Bosnia And Herzegovina,Egypt,Ethiopia,Georgia,India,Indonesia,Iraq,Iran,KKTC,London,
Nigeria,Macedonia,Moldova,Morocco,Serbia,Spain,Romania,Pakistan,Poland,
Ukraine, Uzbekistan,Vietnam

NOVEMBER 14-15 ZOOM DETAILS;

Meeting ID: **840 2485 2975**

Passcode: **741498**

ZOOM LINK:

https://us06web.zoom.us/j/84024852975?pwd=YnU1bCuFPfMZDubUvsNELK2LbQOtAN.1

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

To be able to make a meeting online, login via **https://zoom.us/join** site, enter ID instead of “Meeting ID or Personal Link Name” and solidify the session. The presentation will have **15 minutes** (including questions and answers). The Zoom application is free and no need to create an account. The Zoom application can be used without registration. The application works on tablets, phones and PCs. Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time. All congress participants can connect live and listen to all sessions. During the session, your camera should be turned on at least %70 of session period. Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

TECHNICAL INFORMATION

Make sure your computer has a microphone and is working. You should be able to use screen sharing feature in Zoom. Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress. Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session. **Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number, exp. Hall-1, Fatih KARİPOĞLU**

ÖNEMLİ, DİKKATLE OKUYUNUZ LÜTFEN

Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır. Sunumlar için **15 dakika** (soru ve cevaplar dahil) süre ayrılmıştır. Online sunum yapabilmek için **https://zoom.us/join** sitesi üzerinden giriş yaparak “Meeting ID or Personal Link Name” yerine ID numarasını girerek oturuma katılabilirsiniz. Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmaya gerek yoktur. Zoom uygulaması kaydolmadan kullanılabilir. Uygulama tablet, telefon ve PC’lerde çalışıyor. Her oturumdaki sunucular, sunum saatinden **10 dk öncesinde** oturuma bağlanmış olmaları gerekmektedir. Tüm kongre katılımcıları canlı bağlanarak tüm oturumları dinleyebilir. Moderatör – oturumdaki sunum ve bilimsel tartışma (soru-cevap) kısmından sorumludur.

TEKNİK BİLGİLER

Bilgisayarınızda mikrofon olduğuna ve çalıştığına emin olun. Zoom'da ekran paylaşma özelliğine kullanabilmelisiniz. Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir. Kongre programında yer ve saat değişikliği gibi talepler dikkate alınmayacaktır. **Zoom'a giriş yaparken önce lütfen adınızı, soyadınızı ve SALON numaranızı yazınız, Örnek: Hall-1, Fatih KARİPOĞLU**

14.11.2026/ Hall-1, Session-1

Ankara Local Time

12 00 : 14 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr.Murat TOPAL

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
TENSİLE BEHAVİOR AND POST-FAİLURE APPEARANCE OF HEMP/POLYMER HYBRİD YARNS PRODUCED BY AİR INTERLACİNG AND HOLLOW-SPİNDLE WRAPPİNG	NADA OSMAN ORSOD Prof.Dr.ERHAN KENAN ÇEVEN Prof.Dr.MEHMET KARAHAN	Bursa Uludağ University
TD-GMT: A THREE-DOMAİN GATED MULTİSCALE TRANSFORMER FOR BEARİNG FAULT DİAGNOSİS WİTH RECORD-LEVEL CROSS-VALİDATİON ON CWRU	Assist. Prof. Dr. Eyyüp AKCAN	Siirt University
COMPARISON OF CLASSICAL, FEEDFORWARD, AND FUZZY PID CONTROLLERS IN A DC MOTOR-DRIVEN BALL SCREW POSITIONING SYSTEM UNDER VARIABLE LOAD CONDITIONS	Dr. Erdi YILDIZ Dr. Ahmet KIRNAP	Kayseri University/Erciyes University
CATTLE SEGMENTATİON USİNG YOLO11 UNDER REAL FARM CONDİTİONS: TARGET SELECTİON AND VİSUAL QUALİTY ASSESSMENT İN MULTİ-ANİMAL IMAGES	Assist. Prof. Dr. Mustafa Furkan KESKENLER Prof. Dr. İbrahim Yücel ÖZBEK Assoc. Prof. Dr. Emin Argun ORAL Prof. Dr. Eyüp Fahri KESKENLER	Atatürk University
A COMPARATIVE REVIEW ON PROCESS DYNAMICS AND MECHANICAL PERFORMANCE OF STANDARD PLA, PLA+, AND HS-PLA IN FUSED DEPOSITION MODELING	Lect. İzel EKİNCİ Assoc. Prof. Daver ALİ	Avrasya University/Karabuk University
INVESTIGATION OF THE ACCUMULATION OF MAGNESIUM AND PHOSPHORUS FROM STRATEGIC AND CRITICAL RAW MATERIALS IN GRAPEVINES	Assoc. Prof. Dr.Murat TOPAL Emine Işıl ARSLAN TOPAL Erdal ÖBEK Erdal ÇELİK	Munzur University /Fırat University /İstanbul Teknik University /Bingöl University
ACCUMULATION OF GALLIUM AND TITANIUM FROM STRATEGIC AND CRITICAL RAW MATERIALS IN MAIZE KERNELS	Assoc. Prof. Dr.Murat TOPAL Emine Işıl ARSLAN TOPAL Erdal ÖBEK Erdal ÇELİK	Munzur University /Fırat University /İstanbul Teknik University /Bingöl University
A DATA-DRİVEN EMPLOYEE LİFECYCLE ANALYTİCS FRAMEWORK FOR RETAİL WORKFORCE: INTEGRATİNG 360-DEGREE FEEDBACK, OKR PERFORMANCE TRACKİNG AND EXİT-INTERVİEW SİGNALS	Kemal BUYUKTAS	Flo Technology

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

14.11.2026/ Hall-2, Session-1

Ankara Local Time

12 00 : 13 45

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Ulvi SANDALCI

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
HOW SOCIAL MEDIA BUILDS EXPORTER-IMPORTER RELATIONSHIPS: DYNAMIC CAPABILITIES VIEW	Shabnam Mohammadi	Dokuz Eylül University
PUBLIC DEBT CONVERGENCE DYNAMICS IN OECD COUNTRIES: β-CONVERGENCE, σ-CONVERGENCE, AND THE PHILLIPS–SUL APPROACH	Assoc. Prof. Dr. Ulvi SANDALCI Assoc. Prof. Dr. İnci SANDALCI	Kütahya Dumlupınar University
THE IMPACT OF TAX REVENUE VOLATILITY ON PUBLIC SECTOR	Assoc. Prof. Dr. Ulvi SANDALCI Assoc. Prof. Dr. İnci SANDALCI	Kütahya Dumlupınar University
KEY TRENDS IN WORKLOAD AND TURNOVER INTENTION RESEARCH: SCIENTIFIC STRUCTURE AND THEMATIC EVOLUTION	Lect. Dr. Yaşar ŞAHİN Assist. Prof. Dr. Onur OKTAYSOY Assoc. Prof. Dr. Muhammed Akif YENİKAYA	Trabzon University/Kafkas University
AN EXAMINATION OF THE ORGANIZATIONAL AGILITY LITERATURE USING TEXT MINING METHODS	Lect. Dr. Yaşar ŞAHİN Assoc. Prof. Dr. Muhammed Akif YENİKAYA Assoc. Prof. Dr. Selen UYGUNGİL ERDOĞAN	Trabzon University/Kafkas University/Osmaniye Korkut Ata University
THE EU SOIL MONITORING AND RESILIENCE DIRECTIVE AND TURKISH AGRICULTURE: AN ASSESSMENT FROM THE PERSPECTIVE OF SUSTAINABLE SOIL MANAGEMENT	Assist. Prof. Dr. Erkin Cihangir KARATAŞ	Atatürk University
THE EU WATER REUSE REGULATION AND TREATED WASTEWATER IN AGRICULTURAL IRRIGATION: AN ASSESSMENT FOR TÜRKİYE	Assist. Prof. Dr. Erkin Cihangir KARATAŞ	Atatürk University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

14.11.2026/ Hall-3, Session-1

Ankara Local Time	Meeting ID: 840 2485 2975
12 00 : 13 30	Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Servet ARAS

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
PRACTICES INCREASING FRUIT GROWTH	Prof. Dr. Servet ARAS Assoc. Prof. Dr. Müjgan GÜNEY	Yozgat Bozok University
USE OF THERMAL CAMERAS IN PLANT PRODUCTION	Prof. Dr. Servet ARAS Assoc. Prof. Dr. Murat GÜNEY	Yozgat Bozok University
DEVELOPMENT OF OPEN-FIELD ADAPTED KAPYA-TYPE PEPPER VARIETIES RESISTANT TO TSWV	Merve GÜNEY, Esra SARPYAR , Rasoul ONSİNEJAD	Toya Tohum
THE EFFECT OF METHANOL CONCENTRATION ON THE ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION OF PHENOLIC COMPOUNDS FROM ARONIA	Zeynep SOLMAZ ÇAKIRTAŞ Assoc. Prof. Dr. Kader TOKATLI	Tokat Gaziosmanpaşa University
EFFECT OF DIFFERENT EXTRACTION METHODS ON THE BIOACTIVE PROPERTIES AND CHEMICAL COMPOSITION OF BEE BREAD EXTRACTS	Research Assistant, PhD Şeyda YANARDAĞ KARABULUT Assoc. Prof. Dr. Gülce Bedis KAYNARCA Assist. Prof. Dr. Başak Ebru ÖZCAN	Kırklareli University
APPLICABILITY OF ENCAPSULATED BEE BREAD EXTRACT AS A NATURAL PRESERVATIVE IN DAIRY CREAM	Research Assistant, PhD Şeyda YANARDAĞ KARABULUT Prof. Dr. Hacı Ali GÜLEÇ Prof. Dr. Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU	Kırklareli University/Trakya University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

14.11.2026/ Hall-4, Session-2

Ankara Local Time	**Meeting ID: 840 2485 2975**
12 30 : 13 45	**Passcode: 741498**

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Fatma KOÇ

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
AN EXAMINATION OF TOKAT REGION PRINTED TEXTILES WITHIN THE CONTEXT OF COLOR THEORIES AND THEIR SEMANTIC DIMENSIONS	Merve ÖZTÜRK YILDIRIM Assist. Prof. Dr. Ayşe ÖZTÜRK	Haliç University
THE LAYER COMPLEMENTARITY AND VISIBILITY FUNCTION OF CEPKEN AND SIMILAR SHORT OUTERGARMENTS USED IN TURKISH FOLK DRESS	Prof. Dr. Fatma KOÇ Prof. Dr. Emine KOCA	Ankara Hacı Bayram Veli University
LEARNING NEW WORDS FROM CONTEXT: EXPLORING INCIDENTAL VOCABULARY ACQUISITION THROUGH READING	Bessma Hamama Samia Moustaghfir Abdessallam khamouja Sakina El Khattabi	Ibn Tofail University/Hassan II/Abdelmalek Essaâdi University Al Hoceima, Morocco
AN OPTIMIZATION METHODOLOGY FOR CLASSROOMS BASED ON USER EXPECTATIONS	İrem DERELİ Assist. Prof. Dr. Mustafa Serhan ÜNLÜTÜRK	Balikesir University
UPCYCLING OF END-OF-LIFE DENIM TROUSERS AND ZERO-WASTE COLLECTION DESIGN	Assist. Prof. Dr. Esra OK ZÖHRA	Amasya University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

14.11.2026/ Hall-5, Session-2

Ankara Local Time

12 30 : 13 45

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Emine KOCA

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
RELİGİOUS AND SCİENTİFİC LİFE İN THE DESTROYED AND CONVERTED MOSQUES İN ANDALUSİA GEOGRAPHY ACCORDİNG TO HİSTORİCAL SOURCES	Fatma SAFRAN	Yalova Universty
FORMAL CHARACTERISTICS AND CONTEXTS OF USE IN BURSA YÖRÜK WOMEN'S TRADITIONAL DRESS	Prof. Dr. Emine KOCA Prof. Dr. Fatma KOÇ	Ankara Hacı Bayram Veli University
ARE TURKISH CITIES BECOMING CLEANER? TEMPORAL TRENDS IN PM_{10} CONCENTRATIONS ACROSS 81 PROVINCES OF TÜRKİYE (2017–2025)	Assist. Prof. Dr. Neşe AYDIN	Suleyman Demirel University
THE SHOP WINDOW AS A MICRO-LANDSCAPE: THE ROLE OF NATURE-BASED INSTALLATIONS IN ATMOSPHERE, SPATIAL EXPERIENCE, AND BRAND IDENTITY	Assist. Prof. Dr. Aysel YAVUZ	Karadeniz Teknik University
ASSESSING ACTIVITY POTENTIAL IN COASTAL LANDSCAPES: THE INTERPLAY OF SPATIAL CHARACTERISTICS, LANDSCAPE FEATURES, AND USER ACTIVITIES	Assist. Prof. Dr. Aysel YAVUZ	Karadeniz Teknik University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

14.11.2026/ Hall-6, Session-2

Ankara Local Time		Meeting ID: 840 2485 2975	
$12^{30} : 14^{30}$		Passcode: 741498	

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Birkan BÜYÜKARIKAN

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
ADVERSARIAL ATTACKS ON DEEP LEARNING MODELS: A CYBERSECURITY VULNERABILITY ANALYSIS IN LITHIUM-ION BATTERIES (NASA, NCA, NCM)	Ebru TAMBERK Assoc. Prof. Dr. Canan BATUR ŞAHİN	Malatya Turgut Özal University
VINESEGFORMER-CBAM: A SEGFORMER-BASED MODEL INTEGRATING THE CONVOLUTIONAL BLOCK ATTENTION MODULE FOR VINE LEAF SEGMENTATION	Assoc. Prof. Dr. Birkan BÜYÜKARIKAN	Isparta University of Applied Sciences
PRELIMINARY METALLOGRAPHIC EVALUATION OF GI-COATED TBF1180 STEEL JOINED USING DIFFERENT RESISTANCE SPOT WELDING PARAMETERS	Ufuk BATGA Assoc. Prof. Dr. Yakup YÜREKTÜRK	Bursa Teknik University
COMPARATIVE INVESTIGATION OF DIFFERENT WEAR CONDITIONS IN TI-6AL-7NB ALLOY FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS	Dr. Emrah MELETLİOĞLU	Ataturk University
ETHICS, DATA SECURITY, AND INDIVIDUAL RESPONSIBILITY IN THE PROCESS OF DIGITALIZATION	Dr. Emin ŞEŞEN Assoc. Prof. Dr. Serdar KIRIŞOĞLU	Düzce University
EFFECTS OF SEGMENTATION STRATEGIES ON CLASSIFICATION PERFORMANCE AND SEQUENCE LENGTH IN SYMBOLIC ECG REPRESENTATIONS	Elif DORUKBAŞI Prof. Dr. İlker TÜRKER	Karabük University
ECG26c: MORPHOLOGY-AWARE SYMBOLIC ENCODING OF 12-LEAD ELECTROCARDIOGRAMS	Elif DORUKBAŞI Prof. Dr. İlker TÜRKER	Karabük University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

14.11.2026/ Hall-7, Session-2

Ankara Local Time

12 30 : 14 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr.Berzan ŞIMŞEK

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
TRENDS IN FRUIT AND VEGETABLE CONSUMPTION AND PHYSICAL ACTIVITY USING TÜRKİYE HEALTH SURVEY DATA	Dr. Öğr. Üyesi Elif Didem Örs DEMET	Necmettin Erbakan Üniversitesi
EFFECTS OF PLYOMETRIC TRAINING ON JUMP PERFORMANCE IN VOLLEYBALL PLAYERS A SYSTEMATIC REVIEW OF CONTROLLED STUDIES, FROM 2020 TO 2026	Şener MUTLU Doç. Dr. Sadettin EROL	Bursa Uludağ University
INVESTIGATION OF DEMOGRAPHIC AND METABOLIC PREDICTORS OF NEUROPATHIC SYMPTOMS IN INDIVIDUALS WITH DIABETES	Assist. Prof. Dr. Duygu AKTAR REYHANİOĞLU	Fenerbahçe University
MINDFULNESS-BASED INTERVENTIONS IN ATHLETES: EFFECTS ON PERFORMANCE AND WELL-BEING	Assoc. Prof. Dr. Serdar SOLMAZ Assist. Prof. Dr.Berzan ŞIMŞEK	Batman University
PSYCHOLOGICAL SKILLS TRAINING FOR PERFORMANCE ENHANCEMENT IN ATHLETES: IMAGERY, SELF-TALK AND GOAL SETTING	Assoc. Prof. Dr. Serdar SOLMAZ Assist. Prof. Dr.Berzan ŞIMŞEK	Batman University
COMPARISON OF RESPIRATORY MUSCLE STRENGTH AND PELVIC FLOOR SYMPTOMS IN WOMEN ACCORDING TO FRAILTY STATUS	Uzm. Fzt. Sinem ÖZYÜN Assist. Prof. Dr.Ceyhun TOPCUOĞLU Prof. Dr. Eylem TÜTÜN YÜMİN	Bolu Abant İzzet Baysal University /Fırat University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

14.11.2026/ Hall-8, Session-2

Ankara Local Time

12 30 : 13 45

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Reşat Timuçin ÖZKAN

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SCHOOL MANAGEMENT: A DOCUMENT ANALYSIS OF HUMAN OVERSIGHT AND ETHICAL RESPONSIBILITY	Assoc. Prof. Dr. Reşat Timuçin ÖZKAN	Akdeniz Karpaz University /KKTC
COGNİTİVE IMPAREMENT IN YOUTH AND THE IMPACT OF ITS CORRECTION ON THE DYNAMICS OF SHORT-TERM VISUAL AND AUDITORY MEMORY CAPACITY	Assoc. Prof. Dr. E.J.Huseynova	Gence Devlet University/AZERBAİJAN
FROM GOALS TO SCHOOL PRACTICES: A COMPARISON OF AZERBAIJAN'S AI IN EDUCATION POLICIES WITH INTERNATIONAL FRAMEWORKS	Elmeddin Huseynov	Gazi University
EXAMINING ASSOCIATE DEGREE STUDENTS' PERCEIVED FUTURE EMPLOYABILITY LEVELS ACCORDING TO PERSONAL AND ACADEMIC CHARACTERISTICS	Assoc. Prof.. Ömer Faruk COŞKUN	Hatay Mustafa Kemal University
LEXICAL BUNDLES AND ATTITUDE MARKERS IN APPLIED LINGUISTICS: A CORPUS-DRIVEN ANALYSIS OF TURKISH SCHOLARS' ACADEMIC WRITING	Master's Student Tuğba BEZCIOĞLU Assoc. Prof. Dr. Çiğdem KARATEPE	Bursa Uludağ University
ACADEMIC DISCOURSE: LINGUISTIC STRUCTURES AND STRATEGIES OF SCIENTIFIC COMMUNICATION	Sarjan SADIGOVA	Nakhchivan State University Nakhchivan, Azerbaijan

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

14.11.2026/ Hall-9 Session-3

Ankara Local Time

13 00 : 15 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
OPTIMIZATION OF IN VITRO MICROPROPAGATION AND RHIZOGENESIS OF PHILADELPHUS L. SPECIES	Khazratov A.T., Juraeva H.K., Ummatova Yu.I., Mustafina F.U., Abdinazarov S.Kh.	Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan/UZBEKİSTAN
QUERCETIN ACCUMULATION IN CALLUS CULTURES OF INTRODUCED CONIFER SPECIES AND PROSPECTS FOR ITS BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTION	Khazratov A.T., Mustafina F.U., Juraeva H.K., Ummatova Yu.I., Abdinazarov S.Kh.	Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan/UZBEKİSTAN
BREAKTHROUGH BIOTECHNOLOGICAL PLATFORM FOR CONTROLLED IN VITRO PROPAGATION AND MASS CLONAL MULTIPLICATION OF CONIFEROUS SPECIES	Mustafina F.U., Khazratov A.T., Akhmedova V.U., Juraeva H.K., Hamraeva D.A.	Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan/UZBEKİSTAN
BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF PTELEA TRIFOLIATA L. IN VITRO CULTURES FOR KOKUSAGININE PRODUCTION AND EX SITU CONSERVATION	Mustafina F.U., Juraeva H.K., Khazratov A.T., Inoyatova M.H., Abdinazarov S.Kh.	Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan/UZBEKİSTAN
MINERAL NUTRITION AS A KEY BIOTECHNOLOGICAL FACTOR IN PLANT IN VITRO CULTURE: COMPARATIVE ANALYSIS OF MS, WPM AND DKW MEDIA	Yulduz Ikromjon qizi Ummatova, Hanifabonu Kobul kizi Juraeva,Abbos Tulkin ugli Khazratov,Feruza Usmanovna Mustafina	Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan/UZBEKİSTAN
BREAKTHROUGH IN VITRO MICROPROPAGATION TECHNOLOGY FOR THE RARE MEDICINAL PLANT UNGERNIA SEWERTZOWII (REGEL) B.FEDTSCH.	Ummatova Yu.I., Mustafina F.U	Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan/UZBEKİSTAN
HARMONIZING SUSTAINABLE PRACTICES: CLIMATE-RESPONSIVE DESIGN IN UNIVERSITY LIBRARIES	Ar. Fahrah Khurram, Ar. Nazia Iftakhar, Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti, Prof. Dr. Muhammad Asad Ghufran, Ar. Kabeer Ud Din Naseer,	School of Architecture & Planning, UMT, Lahore, Pakistan.
EARLY IDENTIFICATION OF AUTISM SPECTRUM DISORDER: BARRIERS, OPPORTUNITIES, AND IMPLICATIONS FOR INTERVENTION	Saleha Bibi Najam Us Sahar	Queens University Belfast, UK./ Fatima Jinnah Women University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

14.11.2026/ Hall-10, Session-3

Ankara Local Time

13 00 : 14 30

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Emmanuel Lamptey

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
ASSESSING THE BLEACHING EFFECTIVENESS OF GLUCOSE-BASED ACTIVATED CARBON ON SOYBEAN AND PALM OILS	Christianah Chinenye Aniobi , Morenike Grace Ajayi1 , Barizomdu Tina Pii , Oluseye Gbadebo Olasunkanmi , Olusola David Ogundele , Adebayo Abraham Adaramodu	Federal University of Agriculture/Achievers University Owo/Bamidele Olumilua University/NİGERİA
TRENDS IN NEW HIV INFECTIONS AMONG YOUNG PEOPLE (15-24) IN AFRICA: A RETROSPECTIVE COMPARATIVE ANALYSIS FROM 2010-2024	Emmanuel Lamptey	University of Health and Allied Sciences
BREAKTHROUGH BIOTECHNOLOGICAL APPROACH TO THE IN VITRO PROPAGATION OF MORUS RUBRA L., PTELEA TRIFOLIATA L. AND FORESTIERA NEOMEXICANA A. GRAY	Juraeva H.K., Ummatova Y.I., Khazratov A.T., Mustafina F.U., Abdinazarov S.Kh.	Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan/UZBEKİSTAN
BREAKTHROUGH IN VITRO BIOTECHNOLOGY FOR PROPAGATION AND CONSERVATION OF THE RARE MEDICINAL PLANT UNGERNIA VICTORIS VVED. EX ARTJUSH	Juraeva H.K., Mustafina F.U.	Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan/UZBEKİSTAN
INVENTORY AND VERİFİCATİON OF LAND TENURE İN FOREST AREAS (PTKH) AS A BASİC INPUT FOR AGRARİAN REFORM LAND (TORA) ACTİVİTİES	Heni Emawati, Legowo Kamarubayan, Rolly Yulianthi*, Nurina Shar Fina,	University of 17 Agustus 1945 Samarinda
INVENTORY OF INTEGRATED TOURİSM POTENTİAL OF PADANG LUWAY NATURE RESERVE WİTH OTHER TOURİSM SİTES İN WEST KUTAİ REGENCY.	Karolina Sherly Orianto , M. Sumaryono 1and Johanes Johny Hang Kueng	University of 17 Agustus 1945 Samarinda

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

14.11.2026/ Hall-11 Session-3

Ankara Local Time

13 00 : 14 45

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Reza Sadeghi

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Epistemological And Translational Discourse On The Multidimensional Convergence Of Clinical Evidence, Pharmacological Sciences, Cancer Biology, Molecular Genomics, Precision Oncology, Therapeutic Pharmacology, Transformative Biomedical Research, Tissue And Organ Reconstitution, Immunologic Therapeutics, Molecularly Targeted Interventions, Advanced Cellular Medicine, Precision Genome Engineering, Biomarker-Driven Diagnostic And Prognostic Stratification, Individualized Therapeutic Decision-Making, Innovative Therapeutic Platforms, And Stem-Cell–Based Regenerative Biomedicine	Nodar Sulashvili , Nato Alavidze , Ketevani Gabunia ,Diego Rada Fernandez de Jauregui , Maka Buleishvili , Lali Patsia , Ada (Adel) Tadevosyan , Vira Kravchenko , Olga Shapoval , Marika Sulashvili, Nana Gorgaslidze , Marina Giorgobiani , Igor Seniuk , Nino Abuladze , Tamar Okropiridze , David Aphkhazava	London Lewisham University Hospital/Yerevan State Medical University/East European University/Akaki Tsereteli State University/University of the Basque Country/Medicine at European University/BAU International University/Sulkhan-Saba Orbeliani University/National University of Pharmacy/UKRAİNE-GEORGİA-SPAİN-LONDON
The Holistic Scientific Interpretation Of Non-Pharmacological And Pharmacological Treatment Framework Of Rib Fractures: The Pharmacotherapeutic Armamentarium, Medicinal Product Classification, Clinical Pharmacology, Pharmacodynamics, Pharmacokinetics, Evidence-Based Pharmacotherapy, Adverse Drug Reactions, Drug Toxicity, Pharmacovigilance, Pharmacosafety, Clinical Outcomes And Therapeutic Optimization And Recovery	Nodar Sulashvili , Margarita Beglaryan , Diego Rada Fernandez de Jauregui , Marika Sulashvili , Nana Gorgaslidze , Marina Giorgobiani , Ada (Adel) Tadevosyan , Ketevani Gabunia , Olga Shapoval , Lali Patsia, Vira Kravchenko , Giorgi Pkhakadze , Igor Seniuk , Nino Abuladze , Lela Grigolia , Kakhaber Robakidze , David Aphkhazava , Zaza Khachiperadze	London Lewisham University Hospital/Yerevan State Medical University/East European University/Akaki Tsereteli State University/University of the Basque Country/Medicine at European University/BAU International University/Sulkhan-Saba Orbeliani University/National University of Pharmacy/UKRAİNE-GEORGİA-SPAİN-LONDON
An Integrated Scientific Investigation Of Medication Safety Surveillance And Multidimensional Pharmacotherapeutic Risk Evaluation In Substance Use Disorder Management: Clinical Effectiveness, Adverse Event Prevention, Individualized Treatment Optimization, Pharmacological Interventions And Longitudinal Patient Outcome Assessment	Nodar Sulashvili , Nato Alavidze , Ketevani Gabunia ,Diego Rada Fernandez de Jauregui , Maka Buleishvili ,Lali Patsia , Ada (Adel) Tadevosyan , Vira Kravchenko , Olga Shapoval ,Marika Sulashvili , Nana Gorgaslidze , Marina Giorgobiani , Igor Seniuk ,Nino Abuladze , Tamar Okropiridze , David Aphkhazava	London Lewisham University Hospital/Yerevan State Medical University/East European University/Akaki Tsereteli State University/University of the Basque Country/Medicine at European University/BAU International University/Sulkhan-Saba Orbeliani University/National University of Pharmacy/UKRAİNE-GEORGİA-SPAİN-LONDON
INCİSİONAL HERNİAS FROM RİSK ASSESSMENT TO INDİVİDUALİZED SURGİCAL MANAGEMENT	Astrit Xhemali , Myzafer Kacaj , Eri Stafa , Denis Godaj , Eda Hoti , Xhoana Haliti , RudinDomi , Xheladin Dracini	University Hospital Centre “Mother Teresa”/ University of Medicine/ALBANİA
Oral Dissolving Films: An Emerging Approach For Patient-Friendly Drug Delivery	Bornare Ashwini	JES’s SND College of Pharmacy
Prevalence Of Hepatitis C Virus Antibodies In Hiv-Infected Individuals Attending New Era Hospital, Aba, Abia State, Nigeria	Precious Chipuruime Moses , Blessing Jachinma Okonko , Precious Chidinma John-Chika , Hope Chioma Innocent-Adiele , Iheanyi Omezuruike Okonko	University of Port Harcourt/Madonna University Elele
Used Of Microwave İn Controlling Of Oryzaephilus Surinamensis İn Flaxseed	Reza Sadeghi	University of Tehran/IRAN
Use Of Pomegranate Peel And Walnut Peel On Galleria Mellonella Blood Cells With Their Repellency And Fumigant Toxicity	Reza Sadeghi	University of Tehran/IRAN

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

14.11.2026/ Hall-12, Session-3

Ankara Local Time

13 30 : 15 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Deilton RIBEIRO BRASIL

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
STRUCTURAL ORIENTATION OF CONSUMERS IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA TOWARD FOREIGN E-COMMERCE PLATFORMS EMPIRICAL EVIDENCE AND LEGAL IMPLICATIONS	Vatamanita MARIANA Marit ALEXANDRU	"Constantin Stere"University/MOLDOVA
AL APPLICATIONS AND MONITORING SYSTEMS IN CONSTRUCTION AND URBAN PLANNING: EUROPEAN PRACTICES AND PROSPECTS FOR THE REPUBLIC OF MOLDOVA	Vatamanita MARIANA	"Constantin Stere"University/MOLDOVA
SCREEN TIME, SLEEP QUALITY AND ACADEMIC PRODUCTIVITY: A HEALTH ECONOMICS PERSPECTIVE	Ms. Preeja KS Dr. C. Saravanan	B. S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology/INDİA
CLIMATE CHANGE AND HEALTH PROTECTION IN VIETNAM: LEGAL CHALLENGES AND POLICY DIRECTIONS	PhD student. Van To Huu NGUYEN	University of Szeged/VİETNAM
FORMS OF STUDENTS' LANGUAGE POLICY TOWARDS LECTURERS AT THE UNIVERSITY OF 17 AGUSTUS 1945 SAMARINDA: A SOCIOPRAGMATIC STUDY	Irwanto, Amin Slamet, Viony Calistha Joana	University of 17 Agustus 1945 Samarinda/INDONESİA
NAVİGATİNG THE INTERFACE OF REGİONAL POLİCİES AND INTERNATİONAL STANDARDS: A COMPARATİVE LEGAL ANALYSİS OF HUMAN RİGHTS DOCUMENTATİON İN KASHMİR	Deboleena Bhattacharya	Maria Curie-Skłodowska University/POLAND
THE LEGAL POSITION OF WOMEN İN MARRIAGE AGREEMENTS FOLLOWING THE REVISION OF THE MARRIAGE LAW	Ekawati , Abdul Rokhim, Ibrahim Adianto	University of 17 Agustus 1945 Samarinda/INDONESİA
THE NATURAL JUDGE PRINCIPLE AMIDST THE TIME OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI): CONSTITUTIONAL SAFEGUARDS AND THE LIMITS OF AUTOMATED ADJUDICATION IN BRAZIL	Prof. Dr. Deilton RIBEIRO BRASIL	University of Itaúna (UIT)/BRAZIL

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

14.11.2026/ Hall-13, Session-3

Ankara Local Time

13 30 : 15 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Dr. Raf Raf Shakil Ansari

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
PROBABİLİTY AND NON-PROBABİLİTY SAMPLİNG TECHNİQUES İN COMMUNİCATİON RESEARCH: PRİNCİPLES, APPLİCATİONS AND METHODOLOGİCAL IMPLİCATİONS	Wubon Hebrews Isaac Dr Ubong Andem Obong Dr Oberiri Destiny Apuke Dr Peter Iorper Ugondo	Taraba State University
EVALUATİON OF THE ANTİBİOFİLM ACTİVİTY OF THYME ESSENTİAL OİL AGAİNST ORAL MİCROORGANİSMS İN CHİLDREN İN THE MAGHNİA REGİON	Seghir Abdelfettah , Terki Mohammed b, Laoufi Hind , Rabahi Fatouma	University of Tlemcen/ALGERİA
SMALL STATES AND THE UNİTED NATİONS: GEORGİA'S USE OF MULTİLATERAL DİPLOMACY	Salome Giorgadze	Akaki Tsereteli State University/GEORGİA
ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND GENOMIC DATA ANALYTICS FOR PERSONALISED DIETARY RECOMMENDATIONS: ADVANCING PRECISION NUTRITION, INDIGENOUS FOOD SYSTEMS, AND FOOD SECURITY IN NIGERIA	Oluwanifemi Opeyemi AGOI Moses Adeolu AGOI Akinyemi Edward AIYEGBUSI Oluwadamilola Peace AGOI	Lagos State University of Education/NİGERİA
AFRICAN AESTHETICS IN SELECTED YORUBA FILMS: A STUDY OF EFUNSETAN ANIWURA (2005)	Shehu, Bilyaminu Sarki Samirah Rabiu	---
TRENDS AND DETERMINANTS OF ROUTINE CHILDHOOD VACCINATION COVERAGE IN NIGERIA: A SECONDARY ANALYSIS OF NDHS DATA 2013–2024	Chiagoziem Blaise Charles	University of Abuja
THE RETURN OF PLANETARY AGENCY: A POSTHUMAN READİNG OF THE DAY AFTER TOMORROW	Dr. Raf Raf Shakil Ansari Chitrisha Paul	Sharda University, India.
SURVEY RESEARCH DESİGN: APPLİCATİON OF CROSS-SECTİONAL AND LONGİTUDİNAL DESİGNS İN COMMUNİCATİON STUDİES	Joy Lot Mangbon Dr Ubong Andem Dr Oberiri Destiny Dr Peter Iorper Ugondo	Taraba State University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

14.11.2026/ Hall-14, Session-3

Ankara Local Time	Meeting ID: 840 2485 2975
13 30 : 14 00	Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Roxana Moisoiu

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
COMMUNICATION CHANNELS AND OUTREACH STRATEGIES FOR RECRUITING VULNERABLE GROUPS IN ROMANIAN SOCIAL ENTERPRISES	PhD. Student Elena Denisa MATEEVICI Assoc. Prof. Dr. Ivona RĂPAN PhD. Anca CRISTEA Teacher Cătălin NECULCEA	Romanian Academy/ROMANİA
EFFECTİVENESS OF MANDATORY ENTREPRENEURİAL COURSES AT UNDERGRADUATE LEVEL İN PAKİSTAN	Dr Irfan Bashir Ms Eman Haider Mr Rehmatullah Prof Dr Yasira Waqar Prof Dr Mumtaz Akhter Dr Afshan Naseem Dr Aisha Sami	University of Management and Technology Lahore
BETWEEN SECURİTY, POVERTY, AND ARTİFİCİAL INTELLİGENCE: LEGAL AND SOCİOECONOMİC CHALLENGES İN THE CONTEMPORARY WORLD	Prof. Dr. Roxana Moisoiu Prof. Colegiul German	U.S.P.E.E./MOLDOVA-ROMANİA
ARTİFİCİAL INTELLİGENCE – BENEFİCİAL OR HARMFUL TO HUMANİTY? CHALLENGES, OPPORTUNİTİES AND ETHİCAL BOUNDARİES	Prof. Dr. Roxana Moisoiu Prof. Colegiul German	U.S.P.E.E./MOLDOVA-ROMANİA
GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ACADEMIC RESEARCH: EXAMINING THE CHALLENGES OF UNVERIFIED INFORMATION AND FALSE KNOWLEDGE PRODUCTION AMONG UNIVERSITY RESEARCHERS IN NORTH EAST NIGERIA	Dada, Adeshola Mercy Ahmad, Baba Muhammad, PhD Nahshon, Maureen Idris, Ahmed Garba	Taraba State University
ENVIRONMENTAL PROTECTION TAXATION ON FOSSIL FUELS IN VIETNAM	NGUY Ngoc Anh	University of Miskolc/VİETNAM
AWARENESS, KNOWLEDGE, PREVENTION AND CONTROL PRACTICES REGARDING NEGLECTED TROPICAL DISEASES AMONG RESIDENTS OF BWARI AREA COUNCIL, NIGERIA	Iyiola Grace Imoleayo 1 , Adekola Saheed Ayodeji 2 , Adekola Sodiq Adetunji	University of Abuja
DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE NATURAL FIBER-REINFORCED GEOPOLYMER COMPOSITES USING INDUSTRIAL BY-PRODUCTS	Abdelhakim Fadil, PhD Student	Sultan Moulay Slimane University, Morocco

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

14.11.2026/ Hall-15, Session-3

Ankara Local Time

13 30 : 15 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Dr.Mahalaxmi

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
INFLUENCE OF HYGROTHERMAL AGING ON THE MECHANICAL BEHAVIOR OF A NEW ALFA/POLYPROPYLENE (PP) BIOCOMPOSITE	Doc. Ikram Afouzar Prof. Dr. Youssef Bensmail	Sultan Moulay Slimane University, Morocco
HYBRID WATER REMEDIATION USING BIOCHAR AND GREEN-SYNTHESIZED ZNO/CUO NANOCOMPOSITE DERIVED FROM EUCALYPTUS CAMALDULENSIS	Fatima Charboub ab *, Abdallah Albourine bc* , Rachid Ait Akbour	Ibn Zohr University
AN EXPLORATION OF RESISTANCE TO RETURN TO HOMETOWN AFTER GRADUATION - A STUDY EMPLOYING MEAN-END CHAIN THEORY AND LADDERING INTERVIEW APPROACH	Le Thi Thanh Xuan* and Pham Hong Khang Trang	Chi Minh City University of Technology (HCMUT)/VİETNAM
IMPACT OF SORET AND DUFOUR EFFECTS ON HEAT AND MASS TRANSFER OF HYBRID NANOFLUIDS IN MAGNETIZED ARTERIAL STENOSIS	Dr.Mahalaxmi	Khaja Bandanawaz university
DESIGN AND OPTIMIZATION OF ONDANSETRON ORODISPERSIBLE FILMS USING A 3^2 FACTORIAL DESIGN	J.RUPAVATHI CHRISTINA Dr.R.DEVI Dr.R.SRINIVASAN	Bharath Institute of Higher Education and Research/INDİA
WHAT THE TELLING REVEALS: NARRATIVE ANALYSIS ACROSS DISCIPLINES, WITH ISHIGURO'S THE REMAINS OF THE DAY	Niblin Niknash A N	Academy of Maritime Education and Training Deemed to be University
PHYSICAL ACTIVITY AND THE PROGRESSION OF CHRONIC KIDNEY DISEASE: A NARRATIVE REVIEW OF OBSERVATIONAL AND INTERVENTIONAL EVIDENCE	Prof. Asoc. Genta Nallbani Anisa Cenaj	Sport University/ALBANİA
THE CONSTRUCTION OF EDUCATION IN THE ERA OF MUHAMMAD' PROPHETY (A STUDY OF ISLAMİC EDUCATİONAL PRACTİCES)	Silakhudin	University of 17 Agustus 1945 Samarinda/INDONESİA

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-1 Session-1			
Ankara Local Time 10 00 : 11 15		Meeting ID: 840 2485 2975 Passcode: 741498	
HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Cemal ELİTAŞ			
TOPIC TITLE		**AUTHORS**	**AFFILIATION**
FROM DOUBLE MATERIALITY TO INVESTOR FOCUS: ISSB STANDARDS AND GLOBAL INTEROPERABILITY DYNAMICS		Prof. Dr. Cemal ELİTAŞ	Yalova University
A REVİEW ON EUROPEAN SUSTAİNABİLİTY REPORTİNG STANDARDS (ESRS)		Prof. Dr. Cemal ELİTAŞ	Yalova University
ECONOMIC VALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES PROVIDED BY POSIDONIA OCEANICA MEADOWS ALONG THE TURKISH COAST: A NATURAL CAPITAL ACCOUNTING APPROACH		Prof. Dr. Ergün TAŞKIN	Manisa Celal Bayar University
DETERMINATION OF ZINC (ZN) CONCENTRATION IN ULVA RIGIDA COLLECTED FROM İZMİR BAY (TÜRKİYE)		Nisa YILMAZ Dr. Öznur YAZILAN Prof. Dr. Ergün TAŞKIN	Manisa Celal Bayar University
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics			

15.11.2026/ Hall-2 Session-1

Ankara Local Time

10 00 : 12 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Res. Assist. Oben ADAK

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
A PROPOSAL FOR MITIGATION OF NEGATIVE PRICE RISK IN SMART GRIDS VIA INTEGRATION OF CLOSED-LOOP DYNAMIC PRICE CONTROL AND SUPERVISOR AI-AGENT	Murat AKÇİN , Asım KAYGUSUZ , Abdullah ATEŞ , Barış Baykant ALAGÖZ , Teoman KARADAĞ	Inonu University
AI-DRIVEN DYNAMIC PRICING IN SMART GRIDS: EMERGING CHALLENGES, STRATEGIC SOLUTIONS, AND A FUTURE RESEARCH ROADMAP	Murat AKÇİN Asım KAYGUSUZ	Inonu University
COMPARISON OF HIERARCHY AWARE STRUCTURAL DECOMPOSITION AND HYBRID RETRIEVAL METHODS FOR TURKISH HIGHER EDUCATION LEGISLATION	Res. Assist. Oben ADAK Assoc. Prof. Dr. Çiğdem ACI	Mersin University
CITATION GROUNDED ANSWER GENERATION OVER LEGAL TEXTS AND EVALUATION WITH AN INDEPENDENT JUDGE MODEL	Res. Assist. Oben ADAK Assoc. Prof. Dr. Çiğdem ACI	Mersin University
A PYTHAGOREAN FUZZY FAULT TREE ANALYSIS OF THE 2022 AMASRA FIREDAMP EXPLOSION	Doğan ŞENGÜL Mahmut Emin SARIKAYA	İstanbul Sabahattin Zaim University/Doğuş University/İstanbul Technical University
SPHERICAL FUZZY BOW-TIE ANALYSIS OF THE 2024 İLİÇ HEAP LEACH PAD FAILURE BASED ON PARLIAMENTARY INQUIRY EVIDENCE	Mahmut Emin SARIKAYA Doğan ŞENGÜL	İstanbul Sabahattin Zaim University/Doğuş University/İstanbul Technical University
EVALUATION OF THE PRODUCTION, MINERALOGICAL STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF NATURAL HYDRAULIC LIME	Lect. Okay ÇALIŞKAN	Zonguldak Bülent Ecevit University
COMPATIBILITY AND DURABILITY OF NATURAL HYDRAULIC LIME-BASED MORTARS IN THE RESTORATION OF HISTORIC MASONRY	Lect. Okay ÇALIŞKAN	Zonguldak Bülent Ecevit University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-3 Session-1

Ankara Local Time

10 00 : 12 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Şekip DALGAÇ

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
GYROID, VORONOI AND BCC LATTICE STRUCTURES FOR HEAT SINK DESIGN: THERMAL PERFORMANCE COMPARISON OF EQUAL VOLUME STRUCTURES	Res. Assist. Metin YÖRÜKOĞLU Assist. Prof. Dr. Kemal Cem KÖSE	Kütahya Dumlupınar University
PERFORMANCE OF EQUAL-MASS TPMS LATTICE STRUCTURES IN A MOUNTING BRACKET: A COMPARISON OF GYROID, DIAMOND AND FIELD-DRIVEN DIAMOND MODELS	Res. Assist. Metin YÖRÜKOĞLU Assist. Prof. Dr. Kemal Cem KÖSE	Kütahya Dumlupınar University
INVESTIGATION OF BETA-LACTAM ANTIBIOTICS BY ATR-TERAHERTZ SPECTROSCOPY AND PREPARATION OF MODEL LIPID MEMBRANES	Necla YÜCEL AYTEN Dr. Aliakbar EBRAHIMI Prof. Dr. Hakan ALTAN Prof. Dr. Asaf Behzat ŞAHIN Assoc. Prof. Dr. Fatma DOĞAN GÜZEL	Yıldız Technical University/Ankara Yıldırım Beyazıt University/Middle East Technical University
INVESTIGATING SUBSTRATE PERMEABILITY OF HMP-AB PORIN FROM ACINETOBACTER BAUMANNII USING SINGLE-CHANNEL ELECTROPHYSIOLOGY	Dr. Aliakbar EBRAHIMI Dr. Gülçin ÇETIN Prof. Dr. Cihan DARCAN Dr. Reza DIDARIAN Assoc. Prof. Dr. Fatma DOĞAN GÜZEL	Ankara Yıldırım Beyazıt University/Bilecik Seyh Edebali University
BEAM SIZE BEHAVIOUR OF LOMMEL BEAMS PROPAGATING IN A TURBULENT FREE-SPACE OPTICAL COMMUNICATION LINK	Assist. Prof. Dr. Şekip DALGAÇ Res. Assist. Kağan Murat PÜRLÜ Assoc. Prof. Dr. Kholoud ELMABRUK	Sivas University of Science and Technology
ELECTRICAL CHARACTERIZATION OF COMMERCIAL SLA RESINS AT 2.4 GHZ FOR 3D-PRINTED RF COMPONENTS	Assist. Prof. Dr. Şekip DALGAÇ Res. Assist. Kağan Murat PÜRLÜ Assoc. Prof. Dr. Kholoud ELMABRUK	Sivas University of Science and Technology
DESIGN, SLA FABRICATION, AND TERAHERTZ CHARACTERIZATION OF HOLLOW-CORE ANTIRESONANT WAVEGUIDES USING CLEAR AND RIGID 10K PHOTOPOLYMERS	Res. Assist.Kağan Murat PÜRLÜ Res. Assist.Şekip DALGAÇ Assoc. Prof. Dr. Kholoud ELMABRUK	Sivas University of Science and Technology
INFLUENCE OF FILLING RATIO ON THE TERAHERTZ DIELECTRIC PROPERTIES OF SLA-PRINTED IWP LATTICE STRUCTURES	Res. Assist.Kağan Murat PÜRLÜ Res. Assist.Şekip DALGAÇ Assoc. Prof. Dr. Kholoud ELMABRUK	Sivas University of Science and Technology

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-4 Session-1

Ankara Local Time

10 00 : 11 30

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Sema SAL

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
EXAMINING THE EFFECTS OF SHORT-TERM STRUCTURED ACTIVITIES ON SELF-REGULATION SKILLS AND EXECUTIVE FUNCTIONS IN FIVE-YEAR-OLD CHILDREN	Assist. Prof. Dr. Sema SAL Çocuk Gelişimci Sıla DAĞLI	Ondokuz Mayıs University
EXAMINING THE RELATIONSHIP BETWEEN ARTIFICIAL INTELLIGENCE LITERACY AND COGNITIVE FLEXIBILITY AMONG UNIVERSITY STUDENTS	Assist. Prof. Dr. Sema SAL Çocuk Gelişimci İlayda ÖZDEK Çocuk Gelişimci Emine ARSLAN	Ondokuz Mayıs University
FAMILIES VIEWS ON ESTABLISHING AND MAINTAINING NUTRITION ROUTINES FOR PRESCHOOL-AGED CHILDREN	Assist. Prof. Dr. İsa ÖZKAN Gülfiye EREN Esin ÖZTÜRK Esile İLHAN	Karabuk University
QUALITATIVE ANALYSIS OF BURNOUT AND STRESS LEVELS IN FATHERS OF CHILDREN WITH SPECIAL NEEDS	Assist. Prof. Dr. İsa ÖZKAN Ayşe Eda KARACA Gamzenur AZGIN Melisa ÖMÜR	Karabuk University
ALIGNING LEARNING OUTCOMES AND PROFESSIONAL COMPETENCIES IN BLOCK-MODULAR TEACHER EDUCATION: A CRITICAL CONCEPTUAL SYNTHESIS	Huseyn Aliyev Fuzuli	Azerbaijan State Pedagogical University/AZERBAİJAN
THE INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCES: THE TRANSFORMATION OF THE MODERN PEDAGOGICAL PARADIGM	İlaha İslamzada Sehrab	Azerbaijan State Pedagogical University/AZERBAİJAN

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-5 Session-1

Ankara Local Time

10 00 : 12 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Başak BOZTOK ÖZGERMEN

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
A RARE CAUSE OF ACUTE ABDOMEN: MULTIPLE JEJUNAL DIVERTICULOSIS WITH TWO SEPARATE PERFORATION SITES	Assist. Prof. Dr. Mahmut Baran YERLİKAYA	Van Yüzüncü Yıl University
COMPUTED TOMOGRAPHIC FINDINGS OF PRIMARY PULMONARY TUMORS IN DOGS AND CATS: A REVIEW OF SELECTED STUDIES	Assoc. Prof. Dr. Başak BOZTOK ÖZGERMEN	Aksaray University
STAGING AND SURGICAL PATIENT SELECTION IN DOGS AND CATS WITH PRIMARY PULMONARY TUMORS	Assoc. Prof. Dr. Başak BOZTOK ÖZGERMEN	Aksaray University
POSTOPERATIVE PAIN FOLLOWING ENDODONTIC TREATMENT: ETIOLOGICAL FACTORS, RISK PREDICTORS, AND CONTEMPORARY CLINICAL MANAGEMENT STRATEGIES	Assist. Prof. Dr. Abdurrahman Can ÖNALAN	Bingöl University
MANAGEMENT OF DIFFICULT-TO-CONTROL INTRAOPERATIVE HYPERTENSION WITH DEXMEDETOMIDINE DURING TWO-STAGE SPINAL SURGERY: A CASE REPORT	Dr. Ahmet KALAYOĞLU Assoc. Prof. Dr. Sedat SAYLAN	Karadeniz Technical University
GENERAL ANAESTHESIA WITH ARRHYTHMIA PREPAREDNESS AND CLOSE MONITORING IN A PATIENT WITH BRUGADA SYNDROME AND AN IMPLANTED ICD: A CASE REPORT	Dr. Hüsniye ASLAN Assoc. Prof. Dr. Sedat SAYLAN Dr. Ahmet KALAYOĞLU	Karadeniz Technical University
ANESTHETIC MANAGEMENT FOR DAY-CASE DENTAL TREATMENT IN A CHILD WITH NALCN-RELATED NEURODEVELOPMENTAL DISORDER	Dr. Niyazi Şafak Arslan Prof. Dr. Ahmet Beşir Assoc. Prof. Dr. Ali Akdoğan	Karadeniz Technical University
THE ROLE OF PREOPERATIVE BIOMARKERS IN PREDICTING INTRAOPERATIVE PRESSURE INJURY IN PATIENTS WITH DIABETES MELLITUS UNDERGOING SPINAL SURGERY IN THE PRONE POSITION	Dr. Niyazi Şafak Arslan Prof. Dr. Ahmet Beşir Assoc. Prof. Dr. Ersagun Tuğcugil Assoc. Prof. Dr. Ali Rıza Güvercin Assoc. Prof. Dr. Burçin Kurt	Karadeniz Technical University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-6 Session-2

Ankara Local Time

11 00 : 12 15

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Okan SARIGÖZ

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
ANALYSIS OF PROBLEMS CREATED BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND TEACHERS USING AN ANALYTIC RUBRIC: THE CASE OF LINEAR EQUATIONS IN ONE VARIABLE	Ahmet Burak ÖRK Asst. Prof. Dr. Şaban Can ŞENAY	Selçuk University
AWARENESS OF 8TH-GRADE MIDDLE SCHOOL STUDENTS REGARDING BIOTECHNOLOGY AS A SOCIO-SCIENTIFIC ISSUE	Assoc. Prof. Dr. Gonca HARMAN Dr. Nisa YENİKALAYCI	Karamanoğlu Mehmetbey University
PRESERVICE TEACHERS' OPINIONS ABOUT THE IMPORTANCE OF HEALTHY EATING AND REGULAR PHYSICAL ACTIVITY	Assoc. Prof. Dr. Gonca HARMAN Dr. Nisa YENİKALAYCI	Karamanoğlu Mehmetbey University
HOW DOES ARTIFICIAL INTELLIGENCE AFFECT THE EDUCATIONAL DECISION-MAKING OF PRESERVICE TEACHERS?	Prof. Dr. Okan SARIGÖZ	Hatay Mustafa Kemal University
DIGITAL FATIGUE AND BURNOUT: IS TECHNOLOGY A NECESSITY OR AN ADDICTION?	Prof. Dr. Okan SARIGÖZ	Hatay Mustafa Kemal University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-7 Session-2			
Ankara Local Time 11 00 : 12 15		Meeting ID: 840 2485 2975 Passcode: 741498	
HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Mürsel ORAK			
TOPIC TITLE		**AUTHORS**	**AFFILIATION**
A COMPARATIVE ANALYSIS OF SEASONAL–TREND AND WAVELET DECOMPOSITION FOR MULTISCALE TRAFFIC FLOW CHARACTERIZATION		Assist. Prof. Dr. Erdem BALCI	Zonguldak Bülent Ecevit University
ASSESSING ROAD INFRASTRUCTURE VULNERABILITY TO FLOODING BASED ON LOCAL SLOPE AND RIVER MEANDERING CHARACTERISTICS		Assist. Prof. Dr. Erdem BALCI	Zonguldak Bülent Ecevit University
THE SPREAD OF BIOLOGICALLY TRANSMITTED DISEASES IN DISASTER-AFFECTED AREAS: THE IMPACT OF HYGIENE DEFICIENCIES AND CBRN THREATS		Mediha GÜNGÜNEŞ Assoc. Prof. Dr. Kübra YAKINCI	Iskenderun Technical University
CONTROL OF UNDERGROUND MINING MACHINERY FROM THE SURFACE: AN ASSESSMENT IN TERMS OF OCCUPATIONAL SAFETY AND EFFICIENCY		Assist. Prof. Dr Mürsel ORAK	Gumushane University
INTEGRATING STATIC AND KINETIC TESTS FOR ACID ROCK DRAINAGE PREDICTION: A CRITICAL REVIEW		Assist. Prof. Dr. Mürsel ORAK	Gumushane University
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics			

15.11.2026/ Hall-8 Session-2

Ankara Local Time

11 00 : 12 45

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Ayfer AÇIKGÖZ

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CHILD HEALTH: A REVIEW FROM THE PERSPECTIVES OF PEDIATRIC NURSES AND PARENTS	Uzm. Hem. Hazal USLU GÖKKAYA Prof. Dr. Ayfer AÇIKGÖZ	Eskişehir Osmangazi University
EMİSSİON SOURCES CONTRİBUTİNG TO THE CARBON FOOTPRİNT OF NEONATAL INTENSİVE CARE UNİTS AND SUSTAİNABLE NURSİNG APPROACHES	Uzm. Hem. Gürkan METİNER Prof. Dr. Ayfer AÇIKGÖZ	Eskişehir Osmangazi University
YENİDOĞAN YOĞUN BAKIM ÜNİTESİNDE YATAN BEBEKLERİN EBEVEYNLERİNDE DİJİTAL SAĞLIK KULLANIMI İLE ANKSİYETE, STRES VE EBEVEYNLİK ÖZ-YETERLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ: GELENEKSEL DERLEME	Uzm. Hem. Leman Mürüvvet ERKAYA Prof. Dr. Ayfer AÇIKGÖZ	Kütahya Sağlık Bilimleri University /Evliya Çelebi Eğitim Araştırma Hastanesi/Eskişehir Osmangazi University
THE USE OF DIGITAL GAMES IN PEDIATRIC NURSING	Aleyna KAYA Prof. Dr. Ayfer AÇIKGÖZ	Eskişehir Osmangazi University
HEMŞİRELİK VE EBELİK ÖĞRENCİLERİNDE YOGANIN FİZİKSEL VE PSİKOSOSYAL İYİ OLUŞ HALİNE ETKİSİNE İLİŞKİN YAPILAN ÇALIŞMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	Hilal Gamze HAKBİLEN * , Gamze BOLATTÜRK, Şefika BAYRAKTAR DEDEMOĞLU	Mehmet Akif Ersoy University/Istanbul Beykent University/Suleyman Demirel University
TYPE 2 DIABETES AND THE PUBLIC HEALTH NURSING APPROACH	Zeynep KAVAK Assoc. Prof. Dr. Özge ÖZ YILDIRIM	Ondokuz Mayıs University
TERMOGRAFİNİN YARA DEĞERLENDİRMEDE KULLANIMI	Meryem HALİSDEMİR	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi/Selçuk University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-9 Session-2

Ankara Local Time

11 [00] : 12 [15]

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Dilek ÖCALAN

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
POSTPARTUM KANAMADA ERKEN TANI VE İLK MÜDAHALE: GÜNCEL ÖNERİLER VE UYGULAMA KANITLARININ ODAKLI DERLEMESİ	Uzm. Dr. Işınsu MUTLU	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Hastanesi
COUNSELLING APPROACHES FOR PREPARATION FOR PARENTHOOD: A REVIEW FROM MIDWIFERY AND NURSING PERSPECTIVES	Assoc. Prof. Dr. Dilek ÖCALAN Ebe Dönüş DOĞAN	Tokat Gaziosmanpaşa University
FROM THEORY TO CARE: HEALTH COMMUNICATION THEORIES AND MODELS IN MIDWIFERY AND NURSING	Assoc. Prof. Dr. Dilek ÖCALAN	Tokat Gaziosmanpaşa University
THE TEMPORAL CODE OF BREAST MILK: CIRCADIAN RHYTHM AND BREASTFEEDING SYNCHRONIZATION	Dr. Ebe Hilal GÜVERİ Prof. Dr. Gülbahtiyar DEMİREL	Sivas Cumhuriyet University
AN EFFECTIVE PHYTOTHERAPY IN WOMEN'S HEALTH: ST. JOHN'S WORT (HYPERICUM PERFORATUM)	Dr. Ebe Fatma ÇAKIR Prof. Dr. Gülbahtiyar DEMİREL	Sivas Cumhuriyet University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-10 Session-2

Ankara Local Time

11 00 : 13 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Nermin KAHVECİ YAĞCI

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
EFFECT OF TOOL ROTATIONAL SPEED ON THE MACRO- AND MICROSTRUCTURE OF FRICTION STIR LAP WELDS OF COPPER/AA6061-T6 MATERIALS	Assist. Prof. Dr. Mehmet Serkan YILDIRIM Lect. Dr. Kemal AYDIN Dr. Mehtap HIDIROĞLU Prof. Dr. Yakup KAYA	Gazi University/Karadeniz Technical University/Coşkunöz Metal Form, Research and Development Center/Karabuk University
ANALYSIS OF THE EFFECT OF SWAGGING RATIO ON THE TORSIONAL PERFORMANCE IN RUBBER BUSHINGS	Mehmet Kürşat TERZİ Assist. Prof. Dr. Mustafa Yunus KAYA Assist. Prof. D.r Gamze Sultan Baş BERKEM	Bursa Technical University/Yalova University
STRUCTURAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF THE METAL ORGANIC SINGLE CRYSTAL $Co[C_{12}\ H_8\ N_2]_3\ [BF_4]_3 \cdot H_2O$	Assoc. Prof. Dr. Nermin KAHVECİ YAĞCI	Kırıkkale University
COMPARISON OF EXPERIMENTAL AND THEORETICAL DATA AND HOMO-LUMO RESULTS FOR A SINGLE CRYSTAL $CuCl_2[C_{10}\ N_2\ H_8]$	Assoc. Prof. Dr. Nermin KAHVECİ YAĞCI	Kırıkkale University
A SIMULATION STUDY ON THE ELECTRON-HADRON SEPARATION CAPABILITY OF ELECTROMAGNETIC AND HADRON CALORIMETERS WITH IRON ABSORBER AND BaF2:Y ACTIVE MATERIAL	Assoc. Prof. Dr. Güral AYDIN	Hatay Mustafa Kemal University
EFFECT OF DIFFERENT PLASMA NITRIDING PARAMETERS ON THE MICROSTRUCTURE AND WEAR PROPERTIES OF H13 STEEL	Feyzanur ŞEHİTOĞLU Ali DEBRE Cansu ÇELTİK Assoc. Prof. Dr. Yakup YÜREKTÜRK	Bursa Technical University/MSK Forge Metal A.Ş.

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-11 Session-3

Ankara Local Time

12 00 : 13 30

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Atilla DİLEKÇİ

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
MEDICAL ELEMENTS OF THE DİVAN OF BURSALI TALİB	Assist. Prof. Dr. Zeynep KOYUNCU	Karamanoğlu Mehmetbey University
FROM MYSTICAL SEARCH TO SOCIO-CULTURAL CRITIQUE: A THEMATIC COMPARISON OF GÜLŞEHRÎ'S MANTIKU'T-TAYR AND ŞEMSÎ'S DEH MURG	Assoc. Prof. Dr. Hamza KOÇ	Giresun University
THE REFLECTION AND EVALUATION OF PRODUCTION WORKSHOPS IN THE 2024 MAARIF MODEL CURRICULUM TEXTBOOKS	Assoc. Prof. Dr. Atilla DİLEKÇİ	Aksaray University
TANGIBLE AND INTANGIBLE CULTURAL ELEMENTS IN TEACHING TURKISH TO FOREIGNERS: THE YEDI İKLİM A1 EXAMPLE	Esma ACAR DEMİR Assoc. Prof. Dr. Atilla DİLEKÇİ	Aksaray University
AN EXAMINATION OF FRANZ LISZT'S HUNGARIAN RHAPSODY NO:13 IN TERMS OF MAKAM INFLUENCES	Lect. Sıla ÇAKAR	Ondokuz Mayıs University
GİBRAN KHALİL GİBRAN İN THE WORKS OF AİDA IMANGULİYEVA	Hasan FARAJZADE	Azerbaycan Milli Bilimler Akademesi(AMEA)/AZERBAİJAN

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-12 Session-3

Ankara Local Time

12 00 : 13 45

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Dr. Cihan KARA

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
THE EFFECTS OF A HYPER-COMPETITIVE ORGANIZATIONAL CULTURE ON UNETHICAL BEHAVIORS AND THE MOTIVATION TO WITHHOLD INFORMATION AMONG EMPLOYEES	Dr. Cihan KARA	Karabük University
THE IMPACT OF THE SENSE OF ORGANIZATIONAL BELONGING ON EMPLOYEES' ORGANIZATIONAL CITIZENSHIP BEHAVIORS	Dr. Cihan KARA	Karabük University
EXPERIENCED TEACHERS'PROFESSIONAL RESPONSIBILITIES TOWARDS STUDENTS: FORMS OF INVOLVEMENT AND PROFESSIONAL BOUNDARIES	Huzur KURT Prof. Dr. Engin ASLANARGUN	Düzce University
BETWEEN INSTITUTIONAL ACCOUNTABILITY AND PROFESSIONAL RESPONSIBILITY: MANAGERIAL MEDIATION IN THE PROFESSIONAL ETHICS OF TEACHING	Huzur KURT Prof. Dr. Engin ASLANARGUN	Düzce University
THE ROLE OF REPETITIVE THINKING IN THE RELATIONSHIP BETWEEN ADVERSE CHILDHOOD EXPERIENCES AND POST-TRAUMATIC GROWTH	Uzm. Psk. Dan Şeyma TOPUZ Prof. Dr. Gökmen ARSLAN	Mehmet Akif Ersoy University
MORAL DISTRESS, MORAL INJURY, MORAL TRAUMA, AND MORAL INJURY DISORDER	Uzm. Psk. Dan Şeyma TOPUZ Prof. Dr. Gökmen ARSLAN	Mehmet Akif Ersoy University
EFFECT OF POSITIVE PSYCHOLOGY INTERVENTION ON WELLBEING IN PRIMARY SCHOOL STUDENTS: AN EMOTION-BASED APPROACH	Prof. Dr. Gökmen ARSLAN Havva Hümeyra DAĞLI	Burdur Mehmet Akif Ersoy University /MEB

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-13 Session-3

Ankara Local Time

12 00 : 13 15

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Nurcan CONTARLI

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
THE INVISIBLE BLOW: A CRITICAL APPRAISAL OF THE ASSOCIATION OF REPETITIVE HEAD IMPACTS IN CONTACT SPORTS WITH FLUID BIOMARKERS AND LONG-TERM NEURODEGENERATIVE RISK	Esra AKTAŞ Prof. Dr. Betül AKYOL	İnönü University
LEAN MASS LOSS IN INCRETIN-BASED PHARMACOTHERAPY: A CLINICAL PROBLEM OR A MEASUREMENT ARTEFACT? A CRITICAL REVIEW OF DIRECT EVIDENCE ON THE EFFECT OF RESISTANCE TRAINING	Esra AKTAŞ Prof. Dr. Betül AKYOL	İnönü University
PHYSICAL ACTIVITY IN BONE AND JOINT HEALTH	Assist. Prof. Dr. Nurcan CONTARLI Prof. Dr. Tarık ÖZMEN	Karabük University
DIABETES AND FROZEN SHOULDER	Assist. Prof. Dr.Nurcan CONTARLI Prof. Dr. Tarık ÖZMEN	Karabük University
MOTOR IMAGERY IN NEUROLOGICAL REHABILITATION	Cansu YILMAZ Assist. Prof. Dr. Melike Sümeyye ÖZEN	Bandırma Onyedi Eylül University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-14 Session-3

Ankara Local Time

12 00 : 13 15

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Lecturer Dr. Uğur GÖK

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
A COMPARISON OF THE AUTHORS OF THE "SAHIHAYN" BASED ON THEIR PLACEMENT OF MUTTAFAQUN 'ALAYH HADITHS IN THE "KITAB AL-FITAN"	Esma VELİOĞLU	Dokuz Eylül University
THE IMPACT OF UNIVERSITY STUDENTS' PERCEPTION OF EMPLOYABILITY ON PSYCHOLOGICAL RESILIENCE	Yağmur SEVİNÇ Sümeyra İDİKURT Eylül Ada YILMAZ Ahmet Furkan TUTAL Doç. Dr. Mehmet KOCA	Malatya Turgut Özal University
PRESERVING THE OLD ORDER: THE COMPLAINTS OF OTTOMAN GUILDS	Lecturer Dr. Uğur GÖK	Muş Alparslan University
MURABAHA AND THE COMPLAINTS OF INDEBTED SUBJECTS IN THE OTTOMAN EMPIRE	Lecturer Dr. Uğur GÖK	Muş Alparslan University
THE GREAT CONQUEST TRIANGLE (MU'TAH – UBNA – YARMOUK)FROM THE PHILOSOPHY OF CONFRONTATION TO GEOPOLITICAL RESOLUTION: AN ARCHAEOLOGICAL AND STRATEGIC READING OF THE FORMATION OF THE LEVANT' FRONTIERS	Prof. Dr. Mohammed Waheeb	The Hashemite University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-15 Session-3

Ankara Local Time

12 00 : 13 45

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Osman YILDIRIM

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
THE PERCEİVED EFFECT OF SOCİAL MEDİA USE ON DİETARY HABİTS AND THE ANTHROPOMETRİC CHARACTERİSTİCS OF UNİVERSİTY STUDENTS: A DESCRİPTİVE STUDY	Lect. Dr.Gürsel AK GÜVEN Lect. Dr.Hüsniye AŞIK Lect. Dr.Canan ASAL ULUS	Ondokuz Mayıs University
THE EFFECT OF UNIVERSITY STUDENTS'MOOD ON EATING BEHAVIORS	Lect. Dr. Hüsniye AŞIK Lect. Dr. Gürsel AK GÜVEN Lect. Dr.Canan ASAL ULUS	Ondokuz Mayıs University
UTILIZATION OF PRIMARY HEALTH CARE AND PREVENTIVE HEALTH SERVICES IN MIGRANT AND REFUGEE POPULATIONS: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF GLOBAL RESEARCH TRENDS	Uzm. Dr. Osman Petek	Gaziantep İl Sağlık Müdürlüğü
ANALYSIS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY RISKS ARISING FROM ASBESTOS EXPOSURE IN URBAN TRANSFORMATION PROCESSES THROUGH A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW AND EVALUATION OF AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED EARLY WARNING MODEL	PhD Student, Arda YILMAZ PhD Student, Elaf Basha Faris FARIS PhD Student, Jehan Ahmad Mahmoud SALEH Prof. Dr. Osman YILDIRIM	Istanbul Aydın University
EVALUATION OF THE CHARACTERISATION, RECOVERY POTENTIAL, AND SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT OF USED OILS DERIVED FROM ROTAX PISTON AIRCRAFT ENGINES THROUGH A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW	PhD Student, Tuğçe KARAKOCA ÖZBEKTAŞ Prof. Dr. Osman YILDIRIM	İstanbul Aydın University
THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE-ASSISTED ANALYSIS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY RISKS ARISING FROM MEDICAL WASTE MANAGEMENT IN HOSPITALS AND THE DEVELOPMENT OF A DIGITAL DECISION SUPPORT SYSTEM	PhD Student, Sevda MADEN Prof. Dr. Osman YILDIRIM	İstanbul Aydın University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-1 Session-4

Ankara Local Time

12 30 : 13 45

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Dr. Pelin ATILA YÖRÜK

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
HORIZONTAL COOPERATION AND THE PROTECTION OF COMPETITION IN THE INSURANCE SECTOR: A REASSESSMENT OF BLOCK EXEMPTION COMMUNIQUÉ NO. 2008/3 IN LIGHT OF EUROPEAN UNION LAW AND RECENT DECISIONS OF THE TURKISH COMPETITION BOARD	Dr. Pelin ATILA YÖRÜK	Ankara University
THE IRAN CRISIS IN HISTORICAL PERSPECTIVE: INTERNATIONAL ORGANIZATIONS, SANCTIONS REGIMES, AND GLOBAL GOVERNANCE	Muratcan IŞILDAK Prof.Dr.Bejtulla Demiri	International Balkan University/ÜSKÜP
EGYPT'S NATIONAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE STRATEGY: AN ASSESSMENT BASED ON OFFICIAL POLICY DOCUMENTS	Aya Abdelhafez Mahmoud Abdelhafez Prof. Dr.Çiğdem Akman	Suleyman Demirel University /MISIR
IMPLEMENTING LOCAL DEVELOPMENT POLICIES IN EGYPT: PUBLIC SERVICE DELIVERY THROUGH THE HAYA KARIMA PROGRAM	Aya Abdelhafez Mahmoud Abdelhafez Prof. Dr.Çiğdem Akman	Suleyman Demirel University /MISIR
A COMPARATIVE ANALYSIS OF INDONESIAN AND TURKISH GOVERNMENT SYSTEMS	Ismaliani Gamnur Prof. Dr. Hayrettin ÖZLER	Kütahya Dumlupınar University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-2 Session-4

Ankara Local Time

12 30 : 13 45

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Fatma Hande ÖNER

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
POPULATION GENETIC CHARACTERIZATION OF WATERMELON MOSAIC VIRUS ISOLATES FROM CUCURBIT PRODUCTION AREAS IN THE MARMARA REGION	Fatma Hande ÖNER Prof. Dr. Savaş KORKMAZ	Çanakkale Onsekiz Mart University
METABOLIC PROFILES DURING THE TRANSITION PERIOD ARE ASSOCIATED WITH EARLY-LACTATION MILK YIELD IN PRIMIPAROUS HOLSTEIN COWS	MSc StudentGülse SİVİL Prof. Dr. Nuh OCAK	Ondokuz Mayıs University
THE DYNAMICS OF THE SPREAD OF ASPERGILLOSIS IN HONEYBEES IN THE NAKHCHIVAN ECONOMIC REGION	Sevila Rustamova	Nakhchivan State University/AZERBAİJAN

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-3 Session-4

Ankara Local Time

12 30 : 14 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Emre Şefik ÇAĞLAR

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
DESIGN OF CHITOSAN-COATED SOLID LIPID NANOPARTICLES FOR INTRANASAL DELIVERY OF POORLY WATER-SOLUBLE FLAVONOIDS: FORMULATION STRATEGY AND QUALITY ATTRIBUTES	Assoc. Prof. Dr. Emre Şefik ÇAĞLAR Assoc. Prof. Dr. Nagehan ERSOY TUNALI Prof. Dr. Neslihan ÜSTÜNDAĞ OKUR	University of Health Sciences/İstanbul Medeniyet University
DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHIC METHOD FOR THE DETERMINATION OF BENZOYL PEROXIDE IN ACCORDANCE WITH ICH Q2(R1)	Sena ERBAŞ SOMUNCU Assoc. Prof. Dr. Emre Şefik ÇAĞLAR Prof. Dr. Neslihan ÜSTÜNDAĞ OKUR	University of Health Sciences/İstanbul Medeniyet University
WATER LITERACY AND SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT	Aykut SAKAR Assist. Prof. Dr. Simge KOÇ	Dokuz Eylül University
CURRENT TRENDS IN THE INTEGRATION OF ENVIRONMENTAL EDUCATION AND ZERO WASTE8	Cansu SOYLU Assist. Prof. Dr. Simge KOÇ	Dokuz Eylül University
PLAY BEHAVİOUR İN ANİMALS, ITS CLASSİFİCATİON AND ITS BİOLOGİCAL ROLE İN INDİVİDUAL DEVELOPMENT (ONTOGENESİS)	Z.T.Aghayeva, R.A.Huseynov, G.M. Verdiyeva, S.F. Huseynzade	Sumqayıt Dövlət Universiteti/AZERBAİJAN
BİOLOGİCAL CHARACTERİSTİCS AND POTENTİAL AGRİCULTURAL AND BREEDİNG SİGNİFİCANCE OF PEAR VARİETİES—PRODUCTS OF FOLK SELECTİON—DİSCOVERED İN THE LANKARAN-ASTARA REGİON	İsag Mammadov Agil Hasanov Akhundova Ulviyya Elnara Shahmarova	Azerbaijan National Academy of Sciences/AZERBAİJAN

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-4 Session-4

Ankara Local Time

12 30 : 13 15

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Serdar NESLİHANOĞLU

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
GENERALIZED ENTROPY MEASURES FROM SHANNON TO SHARMA-MITTAL: DEVELOPMENT, STRUCTURE, AND RESEARCH GAPS IN THE LITERATURE	Nida ORUÇ ÜNAL Res. Assist. Muzaffer GÖZTAŞ Assist. Prof. Dr. Doğan YILDIZ	Yıldız Teknik University
THE ROLE OF FORMATIVE ASSESSMENT IN IMPROVING STUDENTS' ACHIEVEMENT IN MATHEMATICS EDUCATION	Emil Emin Gasimov	Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi/AZERBAİJAN
RETURN PREDICTABILITY OF BIST FERTILIZER COMPANIES DURING CRISIS PERIODS AND UNDER VOLATILITY CONDITIONS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT MODEL FAMILIES	Assoc. Prof. Dr. Serdar NESLİHANOĞLU	Eskişehir Osmangazi University
SÜRDÜRÜLEBİLİR KURUMSAL YÖNETİŞİMDE ESG STRATEJİLERİNİN ROLÜ: YÖNETİM KURULLARININ STRATEJİK VE HUKUKİ SORUMLULUKLARI	Assist. Prof. Dr. Egehan Özkan Alakaş Res. Assist. Zeynep Aslancan	Ostim Teknik University
THE RELATIONSHIP BETWEEN LOAN-TO-DEPOSIT RATIO AND SECTORAL EMPLOYMENT IN NUTS-2 REGIONS OF TÜRKİYE	Assoc. Prof. Dr. Gökhan ÖZKUL	Süleyman Demirel University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-5 Session-4

Ankara Local Time

13 00 : 15 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: PROF MAMTA SHARMA

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
MARKETİNG COMMUNİCATİON MANAGEMENT OF BAZNAS CİTY OF SAMARİNDA IN DİSTRİBUTİON OF ZAKAT, INFAK, AND SADAQAH	SARWO EDDY WIBOWO, CAMELIA VERAHASTUTI, AIDAR ERIKA TODING PALI	UNIVERSITY OF 17 AGUSTUS 1945 SAMARINDA
THE EFFECT OF SALES PROMOTİON AND VİSUAL MERCHANDİSİNG ON SHOPPİNG EMOTİON AND IMPULSE BUYİNG AT OUTLET PARTNERS OF PT SMARTFREN TELECOM TBK SAMARİNDA	TYAS RIRIS NURDIANSYAH , GUSTI NOORLITARIA A , J. KULEH	UNIVERSITY OF 17 AGUSTUS 1945 SAMARINDA/MULAWARMAN UNIVERSITY
FROM POLLUTION TO PARTICIPATION: CULTIVATING CRITICAL CITIZENS THROUGH MEDIA LITERACY AND COMMUNITY ENGAGEMENT UNDER NEP 2020	PROF MAMTA SHARMA PROF SANDEEP K SHARMA	UNIVERSITY OF DELHI, INDIA
CURRICULUM REFORM: NEW APPROACHES TO TEACHING ART AND MUSIC IN THE 21ST CENTURY	PHD CANDIDATE. KRISTI BELLO MA. HAMERALDI AGOLLI	EUROPEAN UNIVERSITY OF TIRANA, ALBANIA
IMPLEMENTATION OF TOTAL QUALITY MANAGEMENT (T.Q.M) IN IMPROVING OPERATIONAL PERFORMANCE EFFICIENCY	RINA MASITHOH HARYADI *, APRILIA ZAELANTI, ASTRID NAPITA S, HERIYANTO	UNIVERSITY OF 17 AGUSTUS
ANALYSIS OF THE APPLICATION OF THE ACTIVITY BASED COSTING (ABC) METHOD IN DETERMINING ROOM COST PRICES AT THE DIAMOND HOTEL SAMARINDA	IMAM NAZARUDIN LATIF, RINA MASITHOH AND FEBY YANTI	UNIVERSITY OF 17 AGUSTUS
STRATEGI PEMBENTUKAN LOYALITAS KONSUMEN TERHADAP NIAT BERPERILAKU PADA HOTEL SYARIAH DI SEKITAR DESTINASI WISATA KALIMANTAN TIMUR	AHMAD SIRRI, FAIZAL REZA , AKHMAD AL AIDHI	UNIVERSITY OF 17 AGUSTUS
EVALUATION OF THE İMPLEMENTATION OF GRADUATE LEARNING OUTCOMES (CPL) İN OUTCOME-BASED EDUCATION (OBE)	RINA MASITHOH HARYADI, AKHMAD AL AIDHI, SUKIRMAN SUKIRMAN	UNIVERSITY OF 17 AGUSTUS
RISK PREFERENCES IN THE INFLUENCE OF TAX PENALTIES AND UNDERSTANDING OF TAX REGULATIONS ON TAXPAYER COMPLIANCE	MALINDA KHARISTA*, LUKMAN PRIYANDONO, ASTRID NAPITA SITORUS, MITA SONARIA	UNIVERSITY OF 17 AGUSTUS

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-6 Session-4

Ankara Local Time

13 00 : 15 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Dr. Major Gheorghe Giurgiu

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
MODERN METHODS OF PAIN MANAGEMENT İN DENTISTRY: WHAT SHOULD PATIENTS KNOW?	Dr. Mersiha Baljić	Dental practice "Denta-M", Hadzici, BOSNİA AND HERZEGOVİNA
DIPLOMATIC NEGOTIATION AS A STRATEGIC RESOURCE IN INTERNATIONAL BUSINESS MANAGEMENT: THE CASE OF GEORGIA	Ekaterine Ukleba Salome Giorgadze	Akaki Tsereteli State University/ GEORGİA
EFFECT OF UNSUPERVISED HOME-BASED EXERCISE ON QUALITY OF LIFE AMONG POSTMENOPAUSAL WOMEN A NARRATIVE REVIEW	Akriti Mishra 1, Hina Vaish	Chhatrapati Shahu ji Maharaj University
ASSESSMENT OF DATA PRIVACY CHALLENGES AND THEIR IMPLICATIONS FOR PUBLIC HEALTH PRACTICES İN HEALTHCARE FACILITIES İN THE FEDERAL CAPITAL TERRITORY (FCT), ABUJA	Abubakar Nurudeen , Stephen Onimisi , Adekola Sodi Adetunji	University of Abuja
AWARENESS, KNOWLEDGE, PREVENTION AND CONTROL PRACTICES REGARDING NEGLECTED TROPICAL DISEASES AMONG RESIDENTS OF BWARI AREA COUNCIL, NIGERIA	Iyiola Grace Imoleayo , Adekola Saheed Ayodeji , Adekola Sodiq Adetunji	University of Abuja
RELATIONSHIP BETWEEN SLEEP DURATION AND BMI FOR - AGE Z-SCORE AMONG ADOLESCENT AGED 13 -18 YEARS IN PUBLIC SECONDARY SCHOOLS GWAGWALADA, FCT	S.A ADEKOLA Ph.D. (c) MRS HABEEBAT SULEIMAN	UNIVERSITY OF ABUJA
CLINICAL BENEFITS OF SUBLINGUAL IMMUNOTHERAPY IN PEDIATRIC RESPIRATORY ALLERGY: A RETROSPECTIVE CLINICAL STUDY	Sonila Borici,Ema Allajbej	UHC "Mother Teresa", Tirana, Albania
A YEAR OF RESPIRATORY VIRUS CIRCULATION IN CHILDREN: PATTERNS, PEAKS AND AGE DISTRIBUTION	Sonila Borici, MD, PhD; Brunilda Hyseni, MD; Ema Allajbej, MD	University Hospital Centre Mother Teresa/University of Medicine/ALBANİA
THE GUT-BRAIN-SKIN AXIS IN ACNE: IMPACT OF POLENODERM	Major Gheorghe Giurgiu Prof. Dr. Manole Cojocaru	Deniplant-Aide Sante Medical Center/Titu Maiorescu University/ROMANİA

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-7 Session-4

Ankara Local Time

13 00 : 15 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION:

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
FACTORS AFFECTING WORK MOTIVATION OF OFFICE EMPLOYEES: AN EMPIRICAL STUDY IN MEKONG DELTA VIETNAM	Dr. Thi Dan Xuan HUYNH Assoc. Prof. Dr.Tien Dung KHONG Thi Tuyet LE Thi Hoai Giang DO	Can Tho University/VİETNAM
IMPROVING VIETNAMESE LAW ON THE RIGHT TO DEFENSE OF SUSPECTS AND ACCUSED PERSONS IN THE CONTEXT OF INTERNATIONAL INTEGRATION	Ms. Tran Thi Thanh Hang	Thu Dau Mot University/VİETNAM
DEVELOPING A DIGITAL COMPETENCE ASSESSMENT TOOLKIT FOR GRADE 11 STUDENTS IN LITERATURE SUBJECT BASED ON THE DIGCOMP COMPETENCE FRAMEWORK	Nguyen Chi NGUYEN , Nguyen Thi Hong NHO , Luong Duy DAL , Quach Tuyet Minh	Dong Thap University,
APPLYING THE PLACEMAT TECHNIQUE IN TEACHING SOCIAL ARGUMENTATIVE WRITING IN GRADE 10 LITERATURE TO DEVELOP STUDENTS' COMMUNICATION AND COLLABORATION COMPETENCIES	Nguyen Chi NGUYEN , Tran Khanh VAN , Tran Thi Thao NGAN , Le Gia NGUYEN ,Quach Tuyet MINH	Dong Thap University/Can Tho University
APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO ASSESS STUDENTS' COMPETENCY IN CREATING SOCIAL ARGUMENTATIVE TEXTS IN GRADE 10 LITERATURE TEACHING	Nguyen Chi NGUYEN , Huynh Thi Ngoc TRAM , Nguyen Thanh CHUONG , Quach Tuyet MINH	Dong Thap University/Can Tho University
ORGANIZING EXPERIENTIAL LEARNING ACTIVITIES THROUGH PROJECT-BASED LEARNING IN LITERATURE TEACHING AND LEARNING TO DEVELOP GRADE 10 STUDENTS' PROBLEM-SOLVING AND CREATIVE COMPETENCIES	Nguyen Chi NGUYEN , Nguyen My PHUNG , Ho Nhu	Dong Thap University
MINING BEYOND EARTH: INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS AND SPACE RESOURCE UTILISATION IN INDIA WITHIN THE FRAMEWORK OF INTERNATIONAL SPACE LAW	Neha Berma Sudhanshu Ranjan Abhishek Anand	Central University of South Bihar/A.P Memorial Law College/INDİA
HYDROPOWER DEVELOPMENT AND GLOF VULNERABILITY IN THE INDIAN HIMALAYAS: AN ENVIRONMENTAL-LEGAL STUDY	Sonali Verma Neha Berma Abhinav Mishra Dr. Poonam Kumari	Central University of South Bihar/A.P Memorial Law College/INDİA

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-8 Session-4

Ankara Local Time

13 00 : 15 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Dr. Bibi Morium

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
INFORMATION RETRIEVAL BEHAVIOUR OF DIGITAL IMMIGRANT LECTURERS IN FEDERAL UNIVERSITIES IN NIGERIA IN A DIGITAL ERA: A SURVEY	Onwubiko Emmanuel Chidiadi	Michael Okpara University of Agriculture
THE ROLE OF DIGITAL FINANCIAL INCLUSION AND FINANCIAL LITERACY IN ENHANCING MSME PERFORMANCE THROUGH DIGITAL COMPETENCE: EVIDENCE FROM CENTRAL KALIMANTAN	Danna Solihin , Diana Bertris , Rima Hariati , Siang Is	Universitas Palangka Raya, Indonesia
OUTSTANDING UNIVERSAL VALUE (OUV) OF LIVIA'S LOWEST SPOT-ON EARTH – SOUTH LEVANT	Mohammed Waheeb	The Hashemite University
GENDER VARIATION IN THE PERCEPTION OF CLIMATE CHANGE AND ADPTATION STRATEGIES AMONG CROP FARMERS IN AGROECOLOGICAL ZONE B OF KOGI STATE, NIGERIA	Opeyemi Gbenga Joshua Ojoajogwu Emmanuel and Owoyemi Julius Olugbenga	Prince Abubakar Audu University
THE DETERMINANTS OF VOTER TURNOUT FLUCTUATIONS IN BANGLADESH: A COMPARATIVE STUDY OF ELECTIONS UNDER NON-PARTISAN CARETAKER AND PARTY-LED GOVERNMENTS	Md. Alomgir Hossan Dr. Bibi Morium	University of Rajshahi/BANGLADESH
NANOMATERİAL-BASED TRANSDERMAL DRUG DELİVERY FOR SKİN-RELATED DİSORDER	Babita Gupta	Integral University/INDİA
FROM WATER MANAGEMENT TO TERRITORIAL GOVERNANCE: BUILDING RESILIENT DEVELOPMENT TRAJECTORIES UNDER WATER STRESS IN MOROCCO	Ahmed ZYAT KHALID	Cadi Ayyad University/MOROCCO
COMPARISON OF THE CLINICAL FRAILTY SCALE AND THE ISAR FOR FRAILTY SCREENING AMONG OLDER PATIENTS IN EMERGENCY DEPARTMENTS OF THE MARRAKECH-SAFI REGION: A MULTICENTER CROSS-SECTIONAL STUDY	Mr. Mohammed El Rhanbouri Prof. Dr. Mounia Amane Prof. Dr. Samia Boussaa Prof. Dr. Taoufik Abou El Hassan Prof. Dr. Hicham Nejmi	Cadi Ayyad University/ISPITS-Higher Institute of Nursing Professions and Health Techniques

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-9 Session-4

Ankara Local Time

13 00 : 15 00

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Dr. Ubong Andem Obong

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
AN IOT-BASED GAS LEAKAGE DETECTION AND ALARM SYSTEM	Aliyu Muhammad Zabi, Farouq Abba Wabi, Abu Tasiu, Abba Hali	Federal University of Health Sciences/Federal Polytechnic Kaltungo, Gombe State, Nigeria
THEORETICAL AND CONCEPTUAL FRAMEWORKS IN COMMUNICATION STUDIES: A COMPARATIVE REVIEW OF THEIR FUNCTIONS AND METHODOLOGICAL IMPLICATIONS	Femi Stephen Bolaji Dr Ubong Andem Obong Dr Oberiri Destiny Apuke, Dr Peter Iorper Ugondo	Taraba State University
NUMERICAL SOLVER IMPACT ON THE ACCURACY OF FIVE-PARAMETER PHOTOVOLTAIC SINGLE-DIODE MODEL IDENTIFICATION	Ayoub LAHBOUB Fatima Ezzahrae SOUAIDI Imade CHOULLI Abdelfattah ELHAMMOUDY Ismail ABAZINE Brahim El FAHMI	Ibn Tofail University
METHODOLOGY FOR ORGANIZING TEAM INTERACTION AND DEVELOPING SOFT SKILLS IN A VIRTUAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT	Associate Professor Stanislav DUSHKIN Associate Professor Halyna BLAHODARNA	O.M. Beketov National University/UKRAİNE
DIGITAL FINANCIAL INCLUSION, FINANCIAL LITERACY, AND MSME PERFORMANCE: THE MEDIATING ROLE OF DIGITAL COMPETENCE IN REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT IN CENTRAL KALIMANTAN	Danna Solihin	Universitas Palangka Raya, Indonesia
DIGITAL TECHNOLOGY IN TEACHING AND LEARNING CIVIC EDUCATION	Mukhtari Abubakar, PhD. Gazali Hussain Mustapha Ibrahim Karaye Jamilu Iliyasu	Sa'adatu Rimi College
ASSESSMENT OF THE ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF BENZETHONIUM CHLORIDE AGAINST GRAM-POSITIVE AND GRAM-NEGATIVE BACTERIA	Dr.Benladghem Zakarya , Barek Said, Dergal Fayçal, Terki Mohamed	Université de Tamanghasset/ Université de Tlemcen/ALGERİA

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-10 Session-4

Ankara Local Time

13 30 : 15 30

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Dr.Bessma Hamama

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
COMPARATIVE STUDY OF THE PHYTOCHEMICAL COMPOSITION OF FUMARIA PARVIFLORA FROM CASABLANCA, EL JADIDA AND KHOURIBGA OF MOROCCO	Salma MAKDOUF, Karima El Bouqdaoui, Abdelhakim El Makssoudi, Mounia Cherki	Hassan II University
USE OF ARTIFICIAL İNTELLIGENCE FOR MEDICATION ADHERENCE ASSESSMENT İN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES: AN EXPLORATORY STUDY İN MOROCCO USING CHATGPT AND THE VALIDATED GENERAL MEDICATION ADHERENCE SCALE	Maryem Arraji , Mohamed Khalis, Mohamed Chahboune	Hassan First University/Mohamed V University
CLIMATE CHANGE AND TRANSPORTATION IN AFRICA: ASSESSING VULNERABILITY AND ADAPTATION STRATEGIES IN COASTAL CITIES: A COMPARATIVE STUDY OF ALEXANDRIA, DAKAR, LAGOS, MOMBASA AND DURBAN	Jubril Babatunde Jimoh Charles Adesola Ajagbe Falilu Olanrewaju Agbaje	Emmanuel Alayande University of Education
CORROSION PROTECTION PERFORMANCE OF ARTOCAPUS ALITIS EXTRACT FOR MILD STEEL IN 1M H_2SO_4 . MEDIUM	ESAN, T. O. ODOGIYON, P. O.	Bamidele Olumilua University
TABLE OF SPECIFICATION (TEST BLUEPRINT) AS A FOUNDATION FOR VALID AND BALANCED EDUCATIONAL ASSESSMENT	Aliyu Abdulkadir Muhammad Abbas Muhammad Labbo Hassan Ahmad Ismail	Kano State College
FROM PLANT BIOACTIVES TO PERSONALIZED NUTRITION: İNTEGRATING PHYTOCHEMICAL DIVERSITY, GUT MICROBIOTA AND İNDIVIDUAL METABOLIC RESPONSES	Wissem MAHNANE Mountaha MAHNANE	University Djillali Liabes/ALGERİA
BEYOND GUESSING MEANING: INVESTIGATING INCIDENTAL VOCABULARY LEARNING AND LEXICAL INFERENCING IN EFL READING	Bessma Hamama Samia Moustaghfir Abdessallam khamouja Sakina El Khattabi	Ibn Tofail University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-1 Session-5

Ankara Local Time

13 30 : 15 30

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: DR. MUHAMMAD FAISAL

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
GENDER AND ACADEMIC LEADERSHIP IN HIGHER EDUCATION	Dr. Irfan Bashir Prof Dr Rizwan Akram Rana Dr. Afshan Naseem Dr. Fariha Gul Prof Dr Yasira Waqar Dr Aisha Sami Dr Almas Shoaib Dr Sajid Masood Dr Faisal Anees Dr Farhat Munir Dr Aqila Rafiq Dr Abdul Malik Ms. Yasmin Zohaib MS Fareeha Sherazi	University of Management and Technology Lahore
ENGLISH FOR SPECIFIC PURPOSES (ESP) AS A CATALYST FOR EMPLOYABILITY: BRIDGING LANGUAGE COMPETENCE AND PROFESSIONAL READINESS IN PROFESSIONAL COURSES	Mohd Shahbaz Khan Dr. Sameer Babu M	Jamia Millia Islamia/INDİA
THE SPATIAL DYNAMICS OF SOCIAL CAPITAL: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW ON URBAN FORM, NEIGHBOURHOOD DESIGN, AND COMMUNITY COHESION	Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti Ar. Dr. Zulfiqar Ali Tariq Prof. Dr. Muhammad Asad Ghufran Dr. Syed Hamid Arshad	School of Architecture & Planning/PAKİSTAN
THE IMPORTANCE OF OSTERTAGIA OSTERTAGI IN THE CATTLE PATHOLOGY	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/University "St. Kliment Ohridski"/ Medicine University in Belgrade/SERBİA-MACEDONİA
QUORUM SENSING CONTROLS BIOFILM FORMATION İN MARINE İSOLATES	Dr. Iram Liaqat	Government College University
WHENRATIONALCAUTIONBECOMESIRRATIONALAVOIDANCE:THE BEHAVIORALECONOMICSOF INDECISION	Prof. Dr. Habil. C. Popescu[1], Dr. D. Chele[1]	Alexandru Ioan Cuza University/ROMANİA
WOMEN'S ECONOMIC EMPOWERMENT AS A DRIVER OF INCLUSIVE GROWTH: EVIDENCE FROM SELECTED DEVELOPING ECONOMIES	Shifanath A S Dr. Gowhar Ahmad Wani Thasneem K A	B. S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science and Technology/INDİA
TRANSOCEANIC ROUTES AND CROSS-CIVILIZATIONAL STORYTELLING NARRATIVE HERITAGE AND CULTURAL DIPLOMACY FROM THE SILK ROAD TO THE CARIBBEAN	DR. MUHAMMAD FAISAL	Allama Iqbal Open University, Islamabad, Pakistan

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-2 Session-5

Ankara Local Time
13 30 : 15 30

Meeting ID: 840 2485 2975
Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: DR. CHUKWUEMEKA G. EME

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
CONSTRUCTING GENDER IN THE DIGITAL AGE: MEDIA, CULTURE, AND SOCIAL INSTITUTIONS	Nandini Khandelwal	----------
AN APPRAISAL OF SUCCESSION PLANNING IN FAMILY-OWNED BUSINESSES IN NIGERIA: EMPIRICAL EVIDENCE FROM SELECTED SMEs IN LAGOS STATE, NIGERIA	DR. CHUKWUEMEKA G. EME (PhD)	National Open University
IMPACT OF EMPLOYEE MOTIVATION ON THE PERFORMANCE OF MANUFACTURING FIRMS IN LAGOS STATE, NIGERIA	DR. CHUKWUEMEKA G. EME (PhD)	National Open University
CLIMATE CHANGE AND ITS EFFECTS ON THE SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF NIGERIA	DR. CHUKWUEMEKA G. EME (PhD)	National Open University
FOOD INSECURITY IN NIGERIA: AN ANALYSIS OF THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE, ECONOMIC DEVELOPMENT AND CONFLICT ON FOOD SECURITY	DR. CHUKWUEMEKA G. EME (PhD)	National Open University
METHODS FOR INFINITE-ORDER DIFFERENTIAL EQUATIONS IN UNIT DISC	Dr FETTOUCH Houari	University of Mostaganem/ALGERİA
BRİDGİNG THE PEDAGOGİCAL GAP: AN AI-BASED SUBJECT IMPROVEMENT PLAN (AI-SIP) FOR REMEDİATİON OF GENETİCS MİSCONCEPTİONS İN BEİRUT PUBLİC SCHOOLS	Ghina El Zein	Saint Joseph University
BIODIVERSITY CONSERVATION AWARENESS AND SUSTAINABLE UTILIZATION OF NATURAL RESOURCES AMONG RURAL COMMUNITIES IN OGBA/EGBEMA/NDONI LOCAL GOVERNMENT AREA, RIVERS STATE, NIGERIA	Bruno, Ibeabuchi Anwuri., Dr. Edith Urakpo Nwaeze., Owurre Isioma Mercy	Federal college of Education (Technical)Omoku

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-3 Session-5

Ankara Local Time

13 30 : 15 30

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: DR. A. VIJAYALAKSHMI

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
SMALL SCİENCE, BİG CURES: NANOTECHNOLOGY'S REVOLUTİON İN MODERN MEDİCİNE	V BHUVANESH, BOBBA MANOHAR BABU, CHITTETI NEERAJ, DARSHAN J P,DHANUSHKUMAR S, DR. A. VIJAYALAKSHMI	R.M.K. Engineering College
FROM DATA TO DİAGNOSİS: THE SENSOR REVOLUTİON İN HEALTHCARE	CHARANI D, CHOPPA JYOTHIKA, DEVISETTY DEVI SRIYA, DHANUSHRI N, DHANYA DHARSINI P, DR. A. VIJAYALAKSHMI	R.M.K. Engineering College
SOCIAL HEALTH IMPLICATIONS OF SKIN BLEACHING AMONG RESIDENTS OF NASARAWA STATE, NIGERIA	Dorothy Akpovye BAGE-JOHN,	Federal University
DISTRIBUTION'S GRAPHENE EFFECT ON FORCED VIBRATION AND NONLINEAR RESPONSE OF FUNCTIONALLY GRADED SHALLOW SHELLS WITH DOUBLE CURVATURE	Zakia HAMMOU, Yamna HAMMOU , Zakia GUEZZEN , Zouaoui SEREIR	University of Science and Technology
EFFECT OF SN DOPING ON NIS 2 THIN FILMS FOR SUPERCAPACITOR APPLICATIONS	Noureddine Lebrini, Mouhcine Ourbaa , Taoufik Erraji, Lahcen Nkhaili , Mustapha Beraich	Cadi Ayyad University
COPPER-CATALYZED SYNTHESİS, BİOACTİVİTY, AND IN SİLİCO STUDY OF 1,2,3-TRİAZOLE HYBRİDS	Muhammad Ibrahim, Ummy Rubab, Asma Parveen	Government College University
MATHEMATICAL MODELING AND ENGINEERING OPTIMIZATION OF WASTE HEAT RECOVERY SYSTEMS FOR INDUSTRIAL DECARBONIZATION	Imran Nazir Limon Irin Sikder Helal Uddin	University, Dinajpur/Shahjalal University of Science and Technology/BANGLADESH
PROTEOMİC ANALYSİS OF THE SARS-COV-2 RESPONSİBLE FOR COVID-19 İN ALGERİA	Azzoune Asmaa, Boudjema Abdallah	University of Sciences and Technology of Oran "Mohamed Boudiaf"/ALGERİA

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-4 Session-5

Ankara Local Time

13 30 : 15 30

Meeting ID: 840 2485 2975

Passcode: 741498

HEAD OF SESSION: Sonam, Jogendra Kumar

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
PHYSİCS-INFORMED NEURAL NETWORKS FOR FUZZY FRACTİONAL FOKKER–PLANCK EQUATİONS	Mohamed OUALD-MOUNTI Aziz EL GHAZOUANI Hamid SADIKI M'hamed EL OMARI	Sultan Moulay Slimane University
ARTİFİCİAL INTELLİGENCE İN CYBERSECURİTY: EMERGİNG THREATS, CHALLENGES, AND FUTURE SOLUTİONS	Sonam, Jogendra Kumar	GBPIET Ghurdauri Pauri Garhwal Uttarakhand, India
SURVİVAL STRATEGİES OF SMALL STATES İN AN ERA OF GEOPOLİTİCAL COMPETİTİON: A COMPARATİVE ANALYSİS OF GEORGİA, SİNGAPORE, AND QATAR	Salome Giorgadze	Akaki Tsereteli State University/GEORGİA
AMELİORATİON OF LİPİD PROFİLE ABNORMALLY AND TİSSUE OXİDATİVE STRESS BY ARBUTUS UNEDO L. LEAVES	Soukaina Houssaini	----------
EVALUATİON OF THE EFFECTS OF HAİRDRESSİNG SALOON EFFLUENT ON THE SURVİVAL OF JUVENİLE AFRİCAN CATFİSH (CLARİAS GARİEPİNUS) AND THE GROWTH OF CUCUMBER (CUCUMİS SATİVUM).	Abdullahi F. A , U.U. Uwais , S. Saidu , S. Zaky , Yusha'u I.M	Kaduna State University
LOWER BOUND ON THE RADİUS OF SPATİAL ANALYTİCİTY FOR THE MAJDA-MCLAUGHLİN-TABAK MODEL WİTH QUADRATİC DİSPERSİON	Tegegne Getachew Legass Birilew Belayneh Tsegaw	Mekdela Amba University/Bahir Dra University/ETHİOPİA
NEW LOWER BOUND FOR THE RADİUS OF ANALYTİCİTY FOR THE MODİFİED 2D ZAKHAROV-KUZNETSOV EQUATİON	Tegegne Getachew Legass	Mekdela Amba University/Bahir Dra University/ETHİOPİA
KNOWLEDGE, ATTİTUDES, AND PRACTİCES REGARDİNG CARDİOPULMONARY RESUSCİTATİON AMONG HEALTHCARE PROFESSİONALS İN MARRAKECH, MOROCCO: A CROSS-SECTİONAL STUDY OF ASSOCİATED FACTORS	A. EL KAMMAA, A. BENKSIM, T. ABOU ELHASSAN, H. NEJMI	Cadi Ayyad University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

15.11.2026/ Hall-5 Session-5

Ankara Local Time

13 30 : 15 30

Meeting ID: 840 2485 2975

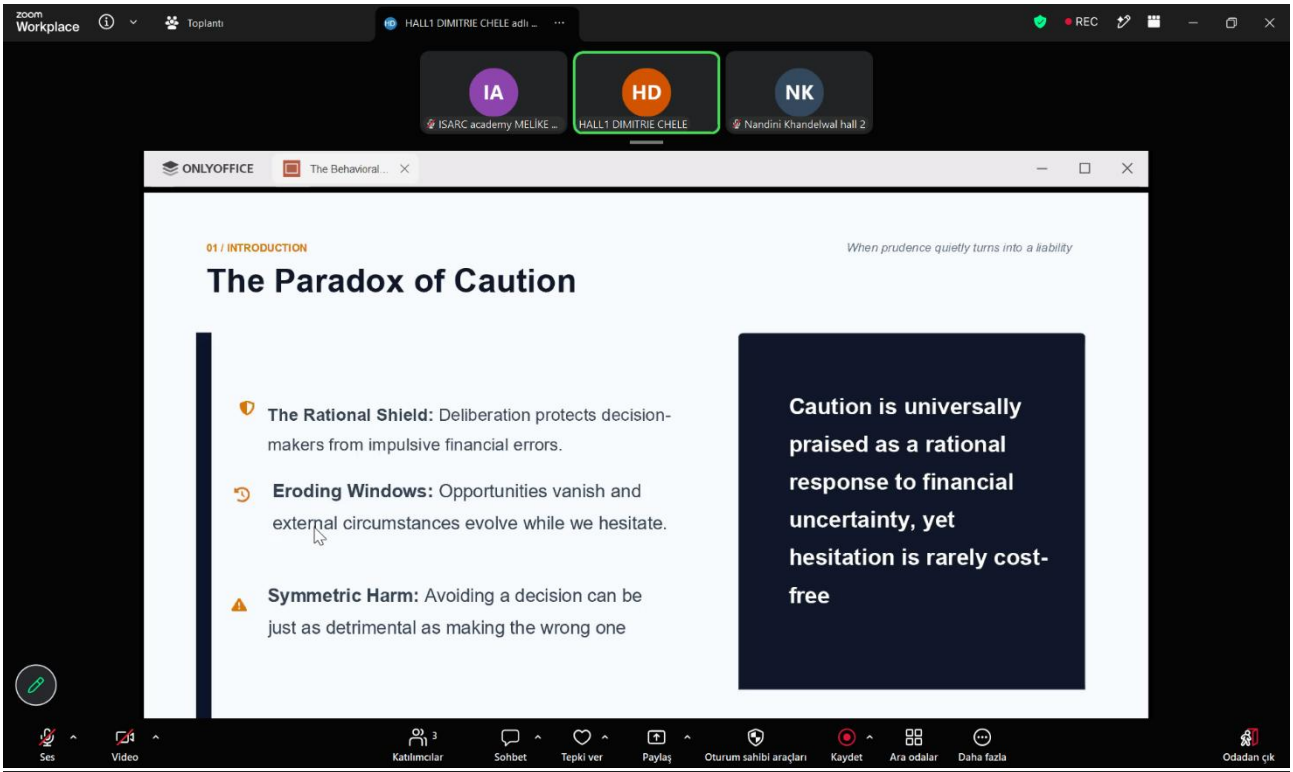
Passcode: 741498

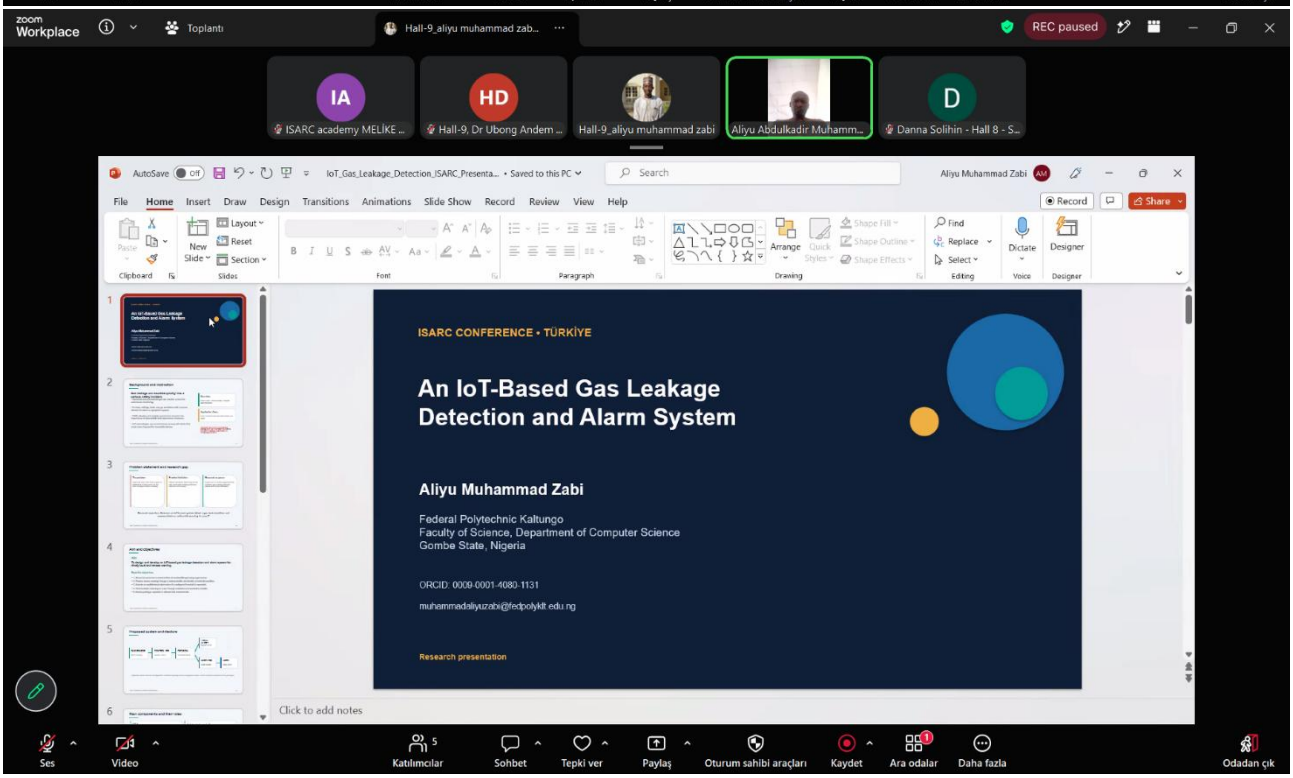
HEAD OF SESSION: Asst. Prof. Gada Muleta Fanta

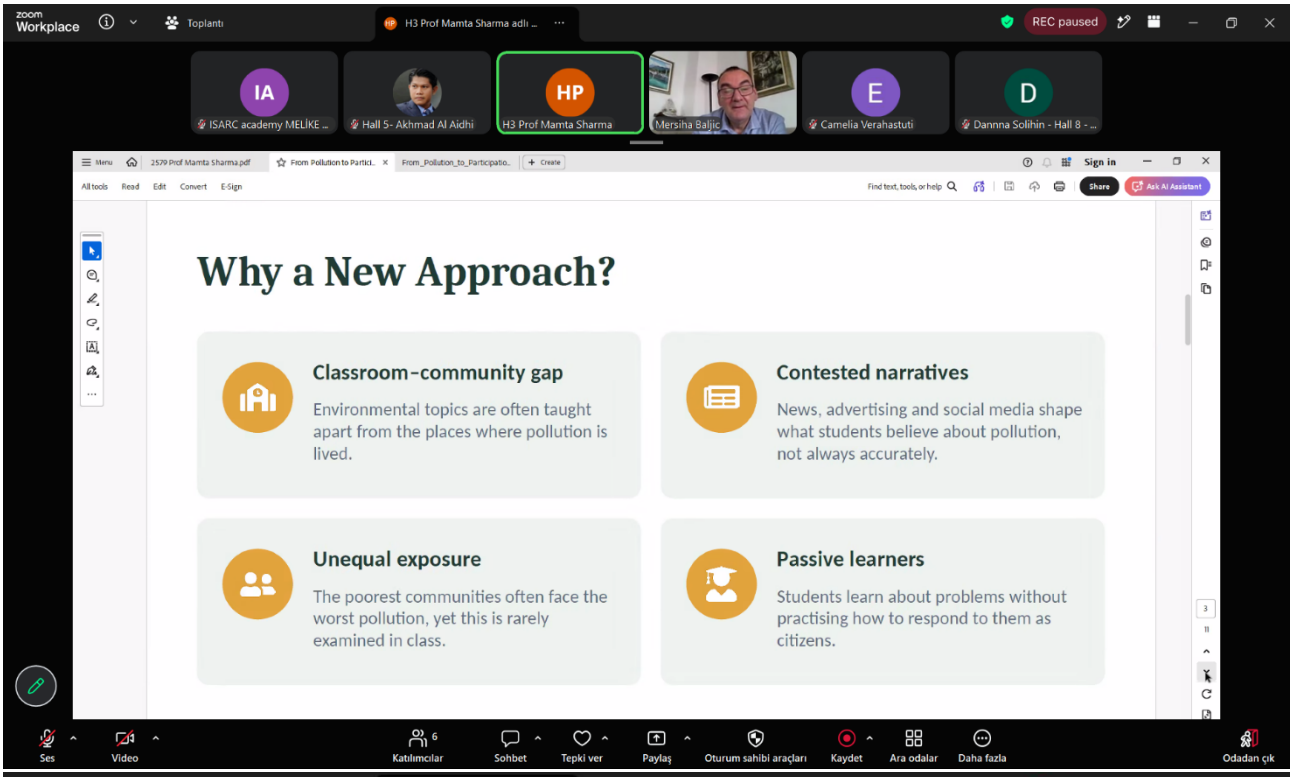
TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
ASSESSMENT OF HUMAN HEALTH RISKS ASSOCIATED WITH SELECTED INORGANIC CONTAMINANTS IN SELECTED DRINKING WATER	Christianah Chinenye ANIOBI, Oluseye Gbadebo OLASUNKANMI, Barizomdu Tina PII, Tosin Adewale OYEBADE, Michael Abiola ASABA, Adesina Olabisi AJAYI, Fredrick Oladapo ADULAWO	Bamidele Olumilua University of Education/Federal University of Agriculture/Federal University of Technology/NİGERİA
THE EFFECTİVENESS OF SELF-REGULATED WRİTİNG INSTRUCTİON İN DEVELOPİNG GRAMMATİCAL ACCURACY AND LEXİCAL COMPLEXİTY AMONG IRAQİ EFL COLLEGE STUDENTS	Prof. Dr. Sabeeha Hamza Dehham	University of Babylon, Iraq
EPIDEMIOLOGY AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF EIMERIA SPECIES INFECTING POULTRY IN SELECTED DISTRICTS OF CENTRAL PUNJAB, PAKISTAN	Sundas Afresham	University of Agriculture
ADSORPTİON OF FLUORİDE FROM AQUEOUS SOLUTİON ONTO MAGNETİTE-FUNCTİONALİZED CARBON NANOTUBES (FE_3O_4@CNTS) USİNG THE RESPONSE SURFACE METHODOLOGY	Asst. Prof. Gada Muleta Fanta , Admasu Tantu Arba , Asst. Prof. Tesfay Gebremichael Reda	Adama Science and Technology University/Wolaita Sodo University
MHD HEAT AND MASS TRANSFER OF WALTER'S-B FLUİD THROUGH A POROUS MEDİUM USİNG THE ABC FRACTİONAL TİME OPERATOR	Aneesa Nawaz, Alishba Tariq	FAST National University
ISOLATİON OF SAHARAN ACTİNOBACTERİA FOR BİOLOGİCAL CONTROL AGAİNST PHYTOPATHOGENS: TOWARDS SUSTAİNABLE AGRİCULTURE	Fedwa BEGHDADI ,El-Hadj DRICHE	Hassiba Benbouali University
LOKALKAAR: A LOCAL SERVICES DISCOVERY AND COMMUNICATION PLATFORM	Aman Negi, Sandhya Rajwar, Jogendra Kumar	GBPIET Ghurdauri Pauri Garhwal Uttarakhand, India
SELF-CARE MANAGEMENT, BLOOD PRESSURE AND INDEPENDENCE AMONG OLDER ADULTS WITH HYPERTENSION: A CROSS-SECTIONAL STUDY	Diana Pefbrianti , Jauharatul Muna	Intan Martapura Institute of Health Sciences/INDONESİA
SOME ADVERSE TENDENCIES OF PERSONAL CARE PRODUCTS AMONG FEMALE UNDERGRADUATES IN A TERTIARY INSTITUTION IN NIGERIA	Ilochi Nwabunwanne Ogadinma	Federal University

Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics

PHOTO GALLERY

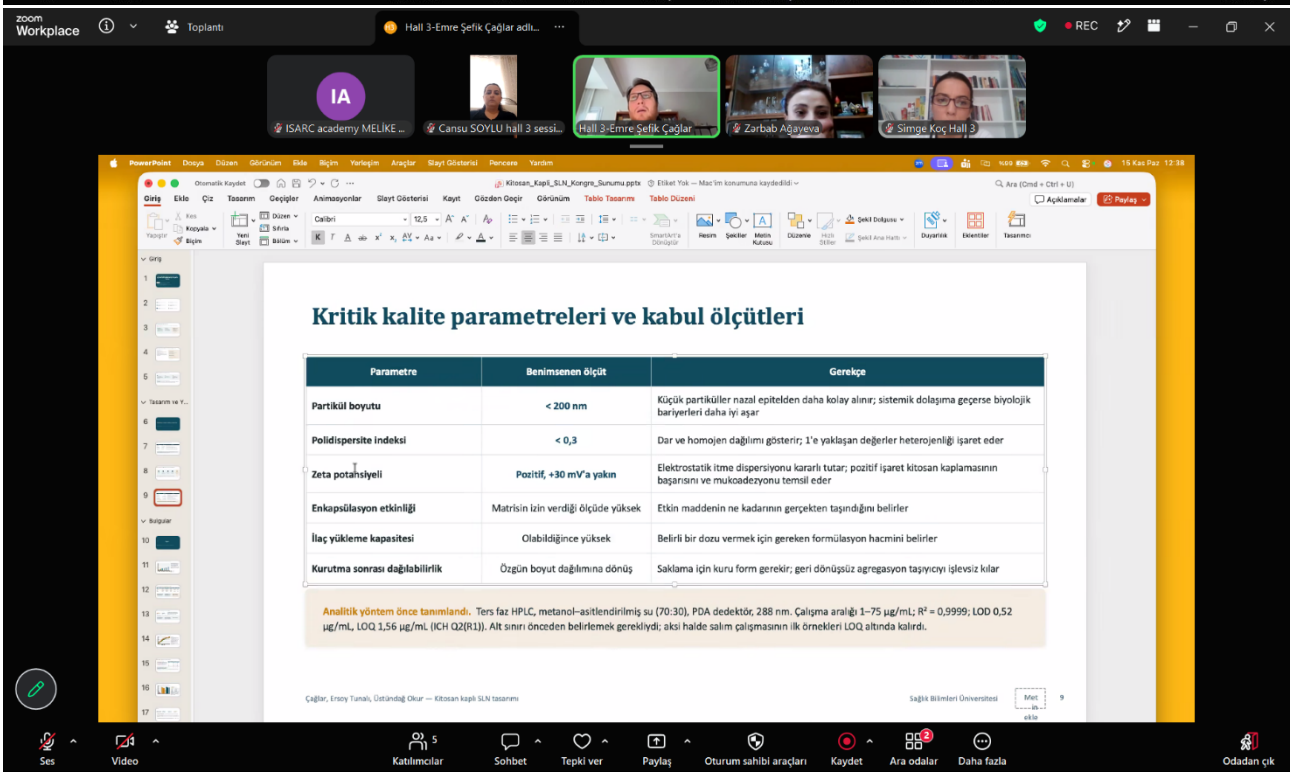




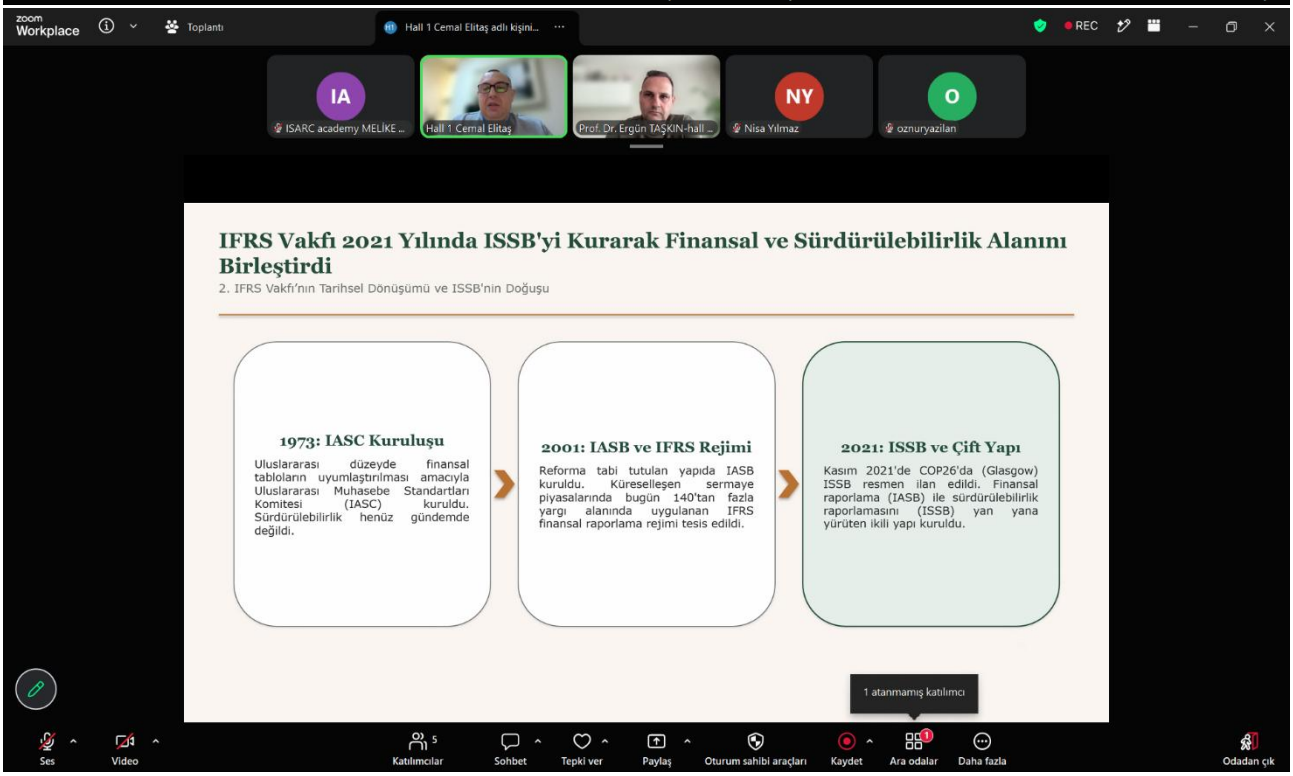

Workplace
Toplantı
H3 Prof Mamta Sharma adlı ...
REC paused
ISARC academy MELİKE ...
Hall 5- Akhmad Al Aidhi
H3 Prof Mamta Sharma
Mersiha Balijic
Camelia Verahastuti
Dannna Solihin - Hall 8 - ...
Why a New Approach?
Classroom–community gap
Environmental topics are often taught apart from the places where pollution is lived.
Contested narratives
News, advertising and social media shape what students believe about pollution, not always accurately.
Unequal exposure
The poorest communities often face the worst pollution, yet this is rarely examined in class.
Passive learners
Students learn about problems without practising how to respond to them as citizens.
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

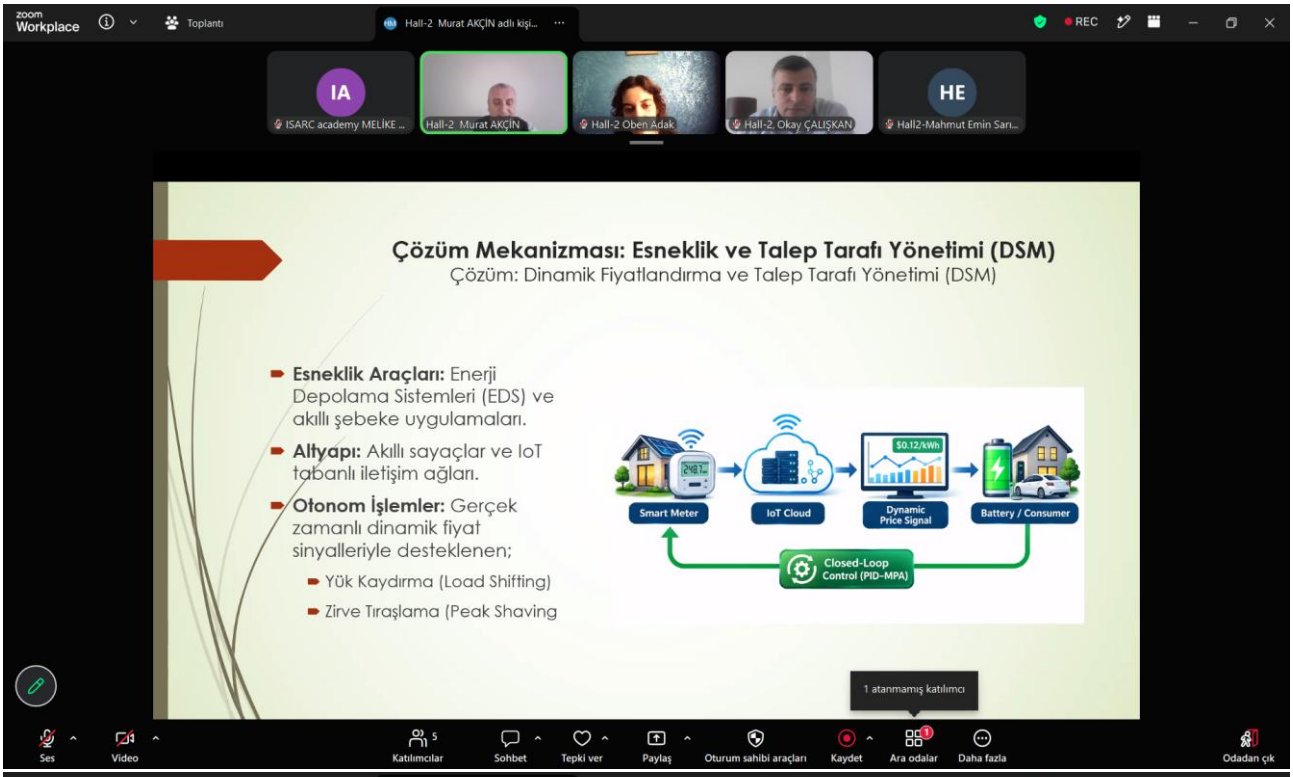

Workplace
Toplantı
HALL 1 DR.PELİN ATİLA YÖR...
REC
ISARC academy MELİKE ...
HALL 1 DR.PELİN ATİLA YÖ...
Hall-1 Ismaliani GAMNUR
Aya Hafez
PowerPoint Slayt Gösterisi - uludağ.pptx - PowerPoint
Sigortacılık faaliyetleri, belirsiz risklerin belirli ekonomik yöntemlerle yönetilmesine dayanmaktadır. Sigorta şirketlerinin üstlendikleri riskleri doğru değerlendirebilmeleri, geçmiş hasar verilerini inceleyebilmeleri ve gelecekteki tazminat yükümlülüklerini öngörebilmeleri bakımından güvenilir istatistiksel bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç, rakip sigorta şirketlerinin belirli alanlarda iş birliği yapmasını ekonomik açıdan gerekli kılabilmektedir.
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

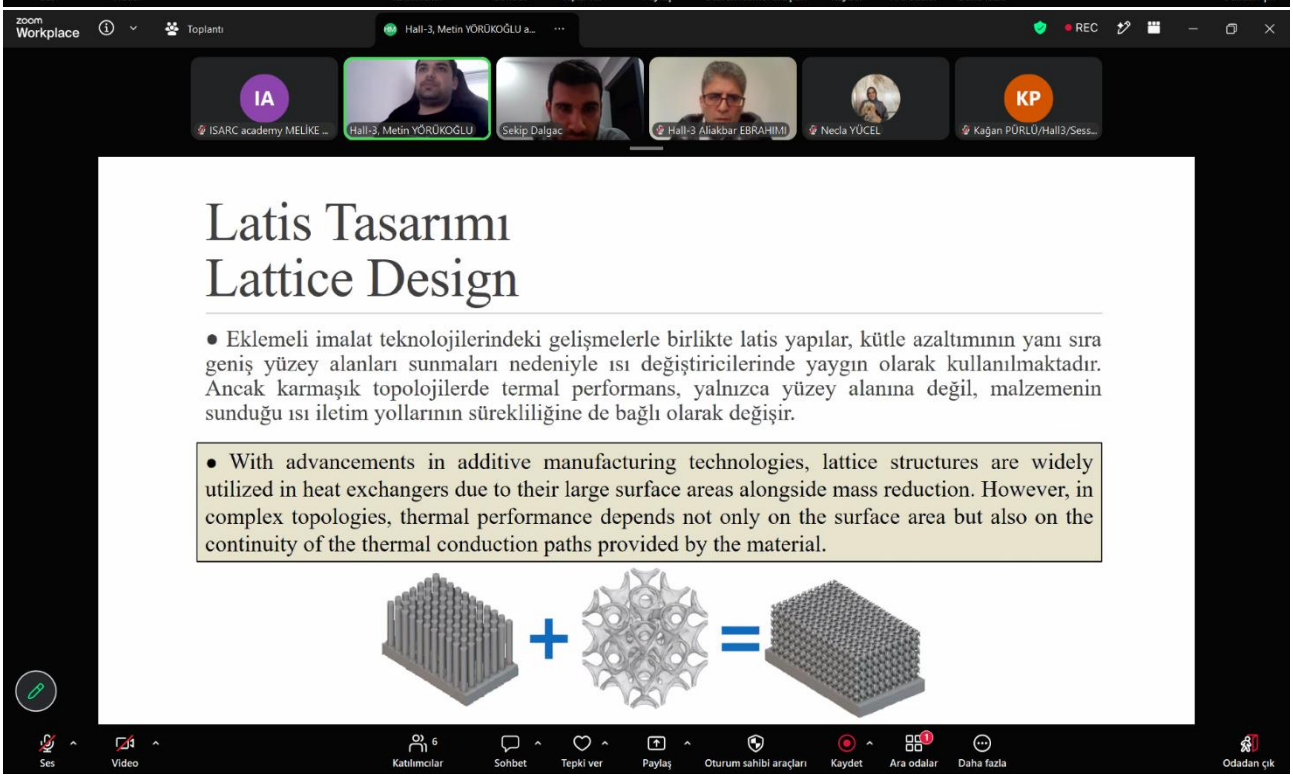

Toplantı
hall-2, Fatma Hande ÖNER a...
REC
IA
ISARC academy MELİKE ...
hall-2, Fatma Hande ÖNER
HG
Hall-2 Gülse Sivil
S
Sevile
Giriş
Cucurbitaceae (kabakgiller) familyası; kavun, karpuz, hıyar ve kabak gibi ekonomik açıdan önemli birçok sebze türünü kapsamaktadır.
Kabakgil yetiştiriciliğinde verim ve kaliteyi sınırlandıran çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bu faktörlerden biri de viral hastalıklardır.
Bu hastalıklar içerisinde Watermelon mosaic virus (WMV), geniş konukçu dizisi ve yaygınlığı nedeniyle önemli viral etmenlerden biridir.
Ses
Video
4
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

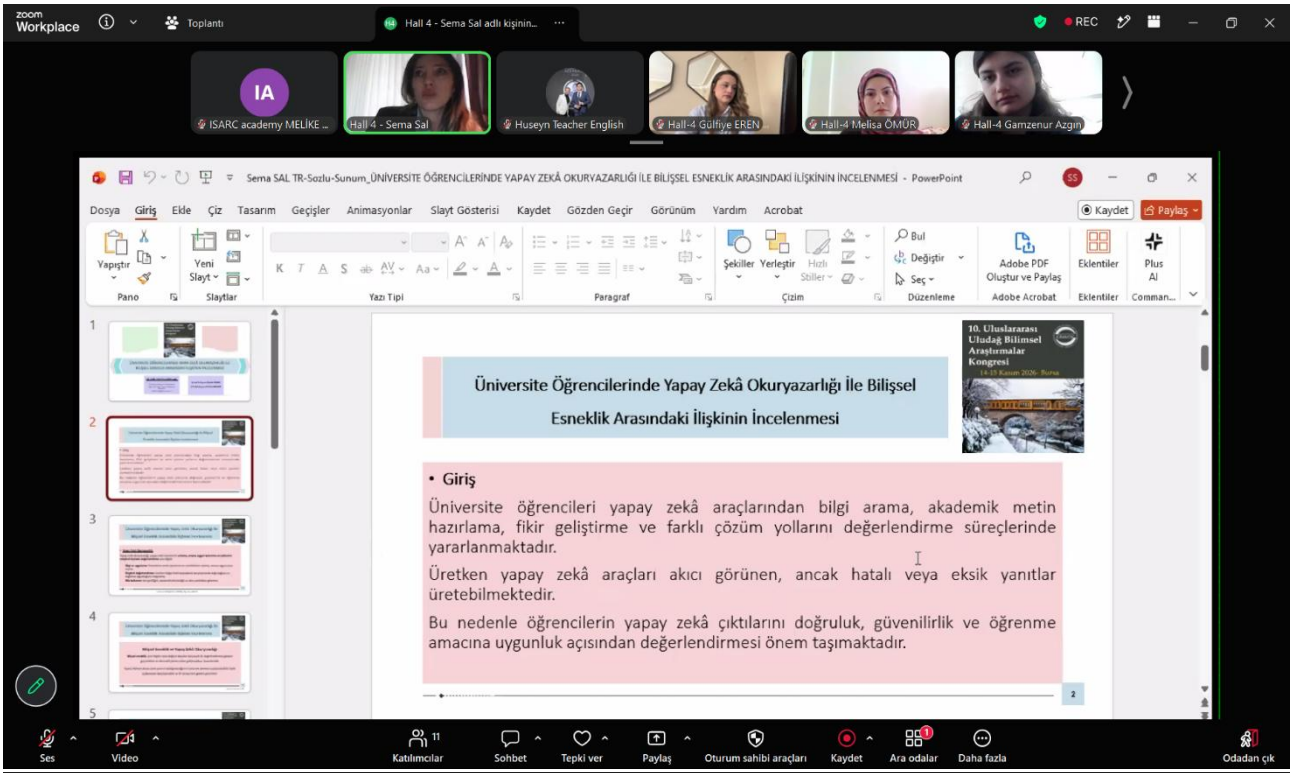

Toplantı
Hall 3-Emre Şefik Çağlar adlı...
REC
IA
ISARC academy MELİKE ...
Cansu SOYLU hall 3 sessi...
Hall 3-Emre Şefik Çağlar
Zarbab Ağayeva
Simge Koç Hall 3
Kritik kalite parametreleri ve kabul ölçütleri
Parametre
Benimsenen ölçüt
Gerekçe
Partikül boyutu
< 200 nm
Küçük partiküller nazal epitelden daha kolay alınır; sistemik dolaşıma geçerse biyolojik bariyerleri daha iyi aşar
Polidispersite indeksi
< 0,3
Dar ve homojen dağılımı gösterir; 1'e yaklaşan değerler heterojenliği işaret eder
Zeta potansiyeli
Pozitif, +30 mV'a yakın
Elektrostatik itme dispersiyonu kararlı tutar; pozitif işaret kitosan kaplamasının başarısını ve mukoadezyonu temsil eder
Enkapsülasyon etkinliği
Matrisin izin verdiği ölçüde yüksek
Etkin maddenin ne kadarının gerçekten taşındığını belirler
İlaç yükleme kapasitesi
Olabildiğince yüksek
Belirli bir dozu vermek için gereken formülasyon hacmini belirler
Kurutma sonrası dağılabilirlik
Özgün boyut dağılımına dönüş
Saklama için kuru form gerekir; geri dönüşsüz agregasyon taşıyıcıyı işlevsiz kılar
Analitik yöntem önce tanımlandı. Ters faz HPLC, metanol–asitlendirilmiş su (70:30), PDA dedektör, 288 nm. Çalışma aralığı 1–75 µg/mL; R² = 0,9999; LOD 0,52 µg/mL, LOQ 1,56 µg/mL (ICH Q2(R1)). Alt sınırı önceden belirlemek gerekliydi; aksi halde salım çalışmasının ilk örnekleri LOQ altında kalırdı.
Çağlar, Ersoy Tunalı, Üstündağ Okur — Kitosan kaplı SLN tasarımı
Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Ses
Video
5
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

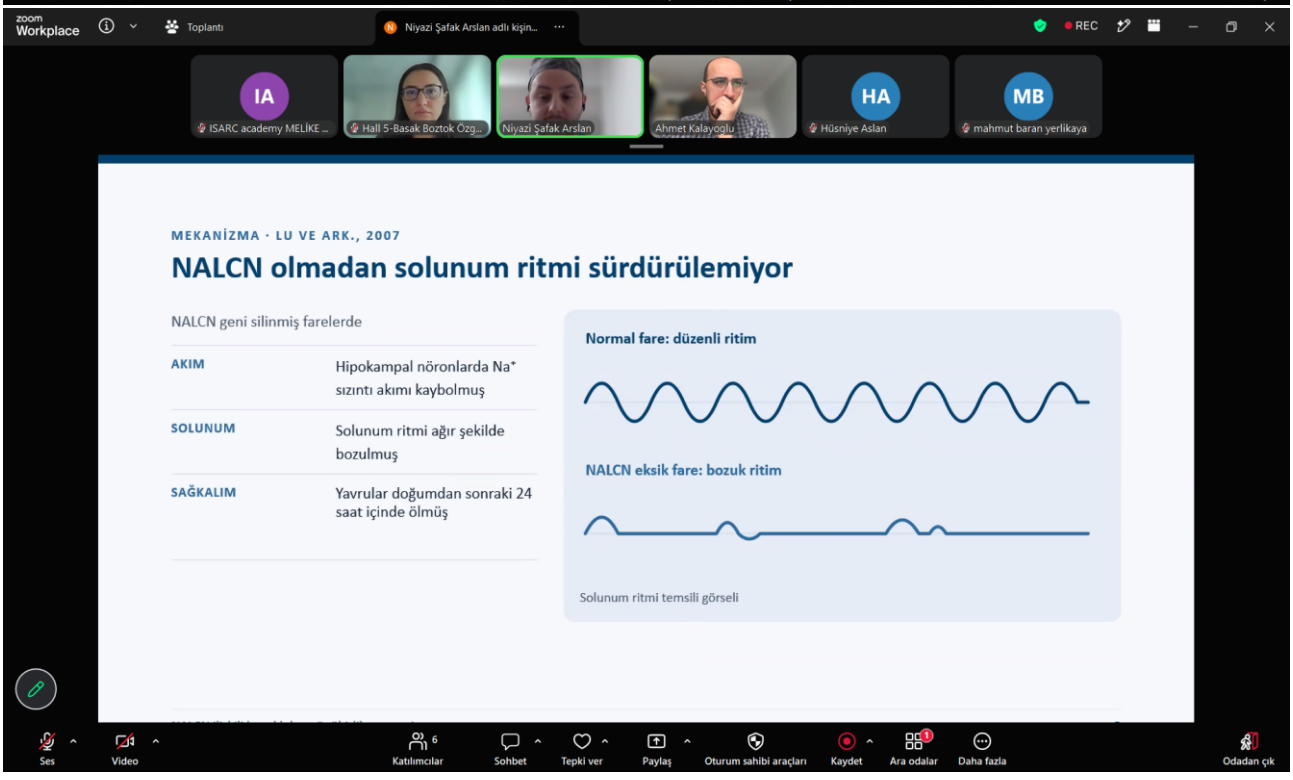

Nida Oruç Ünal adlı kişinin e...
REC
ISARC academy MELİKE ...
Nida Oruç Ünal
GÖKHAN ÖZKUL-Hall-4
Doç. Dr. Serdar Neslihan...
H-4 Zeynep Aslancan
EŞ-OLUŞUM AĞI
Tematik ilişkiler: fiziksel uygulamalar etrafında ağ
matter
fr
entropy
chaplygin-gas
einstein
constraints
deceleration
massive scalar field
gaia space telescope
models
perfect fluid
universe
renyi
tsallis
cosmological constant
thermodynamics
field
infrared cutoff
omega
lambda
holographic dark energy
gravity
law
generalized entropy
stability
model
inflation
modified gravity
galaxy redshift survey
power-spectrum
anisotropy
time
logarithms
renyi entropies
generalized thermostatistics
quantum
framework
fokker-planck equations
statistical-mechanics
h-theorem
Merkezî terimler
Tsallis
Universe
Constraints
Renyi
Thermodynamics
Şekil 3.8 — Keywords Plus eş-oluşum ağı
Paylaşmayı durdur
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

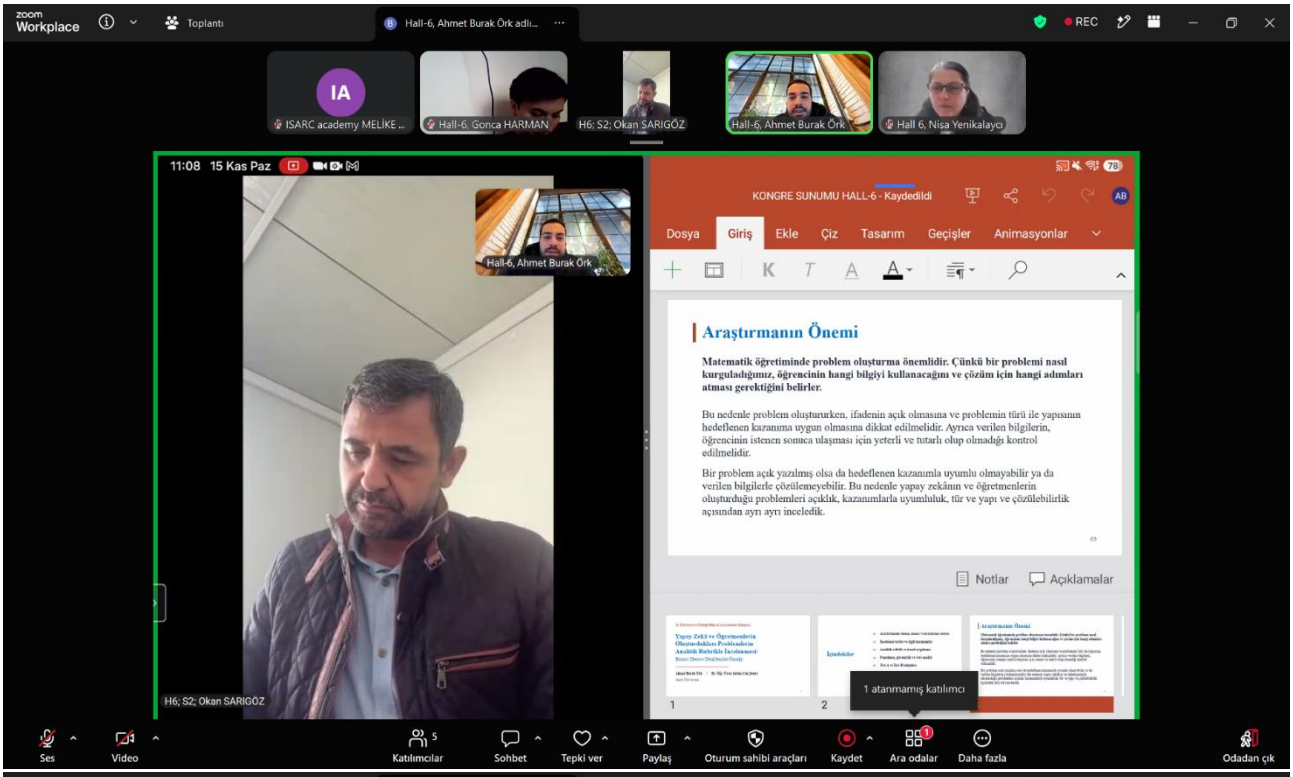

Hall 1 Cemal Elitaş adlı kişini...
REC
ISARC academy MELİKE ...
Hall 1 Cemal Elitaş
Prof. Dr. Ergün TAŞKIN-hall ...
Nisa Yılmaz
oznuryazilan
IFRS Vakfı 2021 Yılında ISSB'yi Kurarak Finansal ve Sürdürülebilirlik Alanını Birleştirdi
2. IFRS Vakfı'nın Tarihsel Dönüşümü ve ISSB'nin Doğuşu
1973: IASC Kuruluşu
Uluslararası düzeyde finansal tabloların uyumlaştırılması amacıyla Uluslararası Muhasebe Standartları Komitesi (IASC) kuruldu. Sürdürülebilirlik henüz gündemde değildi.
2001: IASB ve IFRS Rejimi
Reforma tabi tutulan yapıda IASB kuruldu. Küreselleşen sermaye piyasalarında bugün 140'tan fazla yargı alanında uygulanan IFRS finansal raporlama rejimi tesis edildi.
2021: ISSB ve Çift Yapı
Kasım 2021'de COP26'da (Glasgow) ISSB resmen ilan edildi. Finansal raporlama (IASB) ile sürdürülebilirlik raporlamasını (ISSB) yan yana yürüten ikili yapı kuruldu.
1 atanmamış katılımcı
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık


Çözüm Mekanizması: Esneklik ve Talep Tarafı Yönetimi (DSM)
Çözüm: Dinamik Fiyatlandırma ve Talep Tarafı Yönetimi (DSM)
Esneklik Araçları: Enerji Depolama Sistemleri (EDS) ve akıllı şebeke uygulamaları.
Altyapı: Akıllı sayaçlar ve IoT tabanlı iletişim ağları.
Otonom İşlemler: Gerçek zamanlı dinamik fiyat sinyalleriyle desteklenen;
Yük Kaydırma (Load Shifting)
Zirve Tıraşlama (Peak Shaving
Smart Meter
IoT Cloud
$0.12/kWh
Dynamic Price Signal
Battery / Consumer
Closed-Loop Control (PID-MPA)


Latis Tasarımı
Lattice Design
• Eklemeli imalat teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte latis yapılar, kütle azaltımının yanı sıra geniş yüzey alanları sunmaları nedeniyle ısı değiştiricilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak karmaşık topolojilerde termal performans, yalnızca yüzey alanına değil, malzemenin sunduğu ısı iletim yollarının sürekliliğine de bağlı olarak değişir.
• With advancements in additive manufacturing technologies, lattice structures are widely utilized in heat exchangers due to their large surface areas alongside mass reduction. However, in complex topologies, thermal performance depends not only on the surface area but also on the continuity of the thermal conduction paths provided by the material.

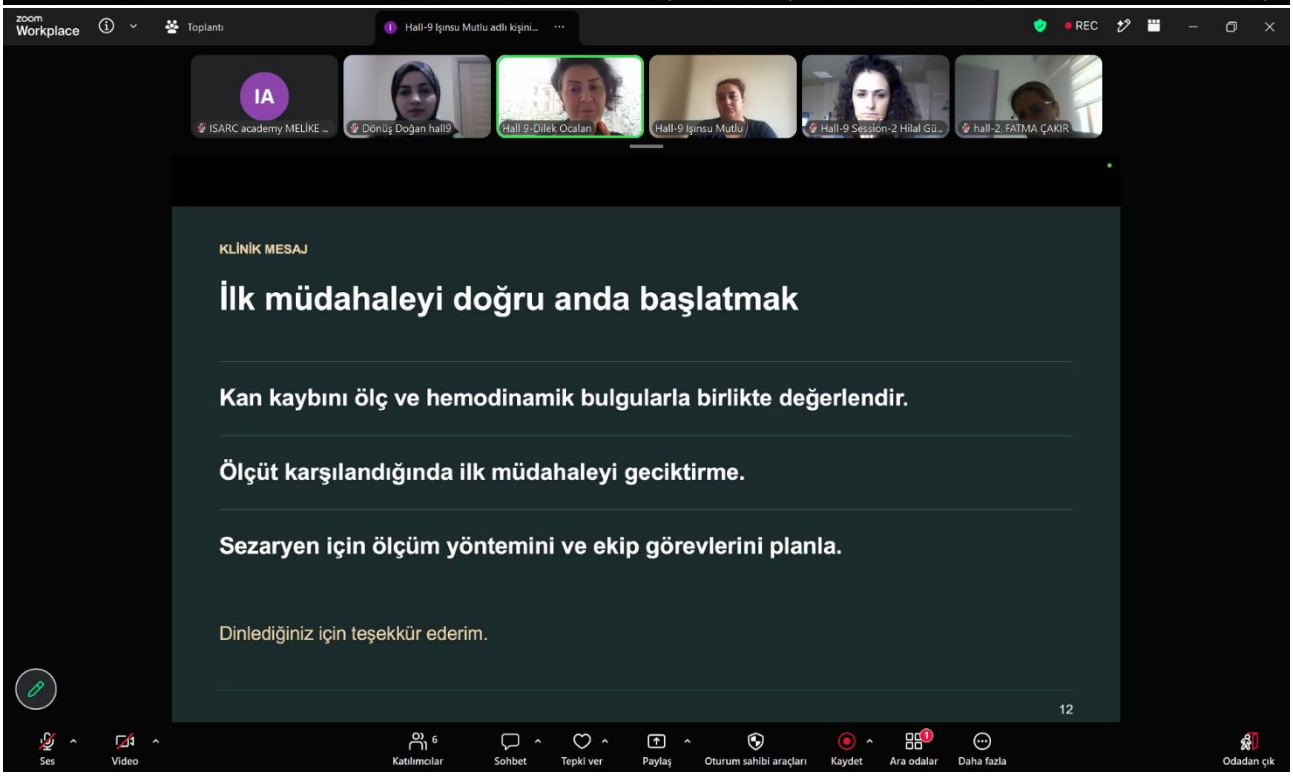

Toplantı
Hall 4 - Sema Sal adlı kişinin...
REC
ISARC academy MELİKE ...
Hall 4 - Sema Sal
Huseyn Teacher English
Hall-4 Gülfiye EREN
Hall-4 Melisa ÖMÜR
Hall-4 Gamzenur Azgın
Sema SAL TR-Sozlu-Sunum_ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞI İLE BİLİŞSEL ESNEKLİK ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ - PowerPoint
Üniversite Öğrencilerinde Yapay Zekâ Okuryazarlığı İle Bilişsel Esneklik Arasındaki İlişkinin İncelenmesi
10. Uluslararası Uludağ Bilimsel Araştırmalar Kongresi
• Giriş
Üniversite öğrencileri yapay zekâ araçlarından bilgi arama, akademik metin hazırlama, fikir geliştirme ve farklı çözüm yollarını değerlendirme süreçlerinde yararlanmaktadır.
Üretken yapay zekâ araçları akıcı görünen, ancak hatalı veya eksik yanıtlar üretebilmektedir.
Bu nedenle öğrencilerin yapay zekâ çıktılarını doğruluk, güvenilirlik ve öğrenme amacına uygunluk açısından değerlendirmesi önem taşımaktadır.
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık


Toplantı
Niyazi Şafak Arslan adlı kişin...
REC
ISARC academy MELİKE ...
Hall 5-Basak Boztok Özg...
Niyazi Şafak Arslan
Ahmet Kalaycıoğlu
Hüsniye Aslan
mahmut baran yerlikaya
MEKANİZMA · LU VE ARK., 2007
NALCN olmadan solunum ritmi sürdürülemiyor
NALCN geni silinmiş farelerde
AKIM
Hipokampal nöronlarda Na+ sızıntı akımı kaybolmuş
SOLUNUM
Solunum ritmi ağır şekilde bozulmuş
SAĞKALIM
Yavrular doğumdan sonraki 24 saat içinde ölmüş
Normal fare: düzenli ritim
NALCN eksik fare: bozuk ritim
Solunum ritmi temsili görseli
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık


Toplantı
Hall-6, Ahmet Burak Örk adlı...
REC
ISARC academy MELİKE ...
Hall-6, Gonca HARMAN
H6; S2; Okan SARIGÖZ
Hall-6, Ahmet Burak Örk
Hall 6, Nisa Yenikalaycı
11:08 15 Kas Paz
Hall-6, Ahmet Burak Örk
H6; S2; Okan SARIGÖZ
KONGRE SUNUMU HALL-6 - Kaydedildi
Dosya
Giriş
Ekle
Çiz
Tasarım
Geçişler
Animasyonlar
Araştırmanın Önemi
Matematik öğretiminde problem oluşturma önemlidir. Çünkü bir problemi nasıl kurguladığımız, öğrencinin hangi bilgiyi kullanacağını ve çözüm için hangi adımları atması gerektiğini belirler.
Bu nedenle problem oluştururken, ifadenin açık olmasına ve problemin türü ile yapısının hedeflenen kazanıma uygun olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca verilen bilgilerin, öğrencinin istenen sonuca ulaşması için yeterli ve tutarlı olup olmadığı kontrol edilmelidir.
Bir problem açık yazılmış olsa da hedeflenen kazanımla uyumlu olmayabilir ya da verilen bilgilerle çözülemeyebilir. Bu nedenle yapay zekânın ve öğretmenlerin oluşturduğu problemleri açıklık, kazanımlarla uyumluluk, tür ve yapı ve çözülebilirlik açısından ayrı ayrı inceledik.
Notlar
Açıklamalar
1 atanmamış katılımcı
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

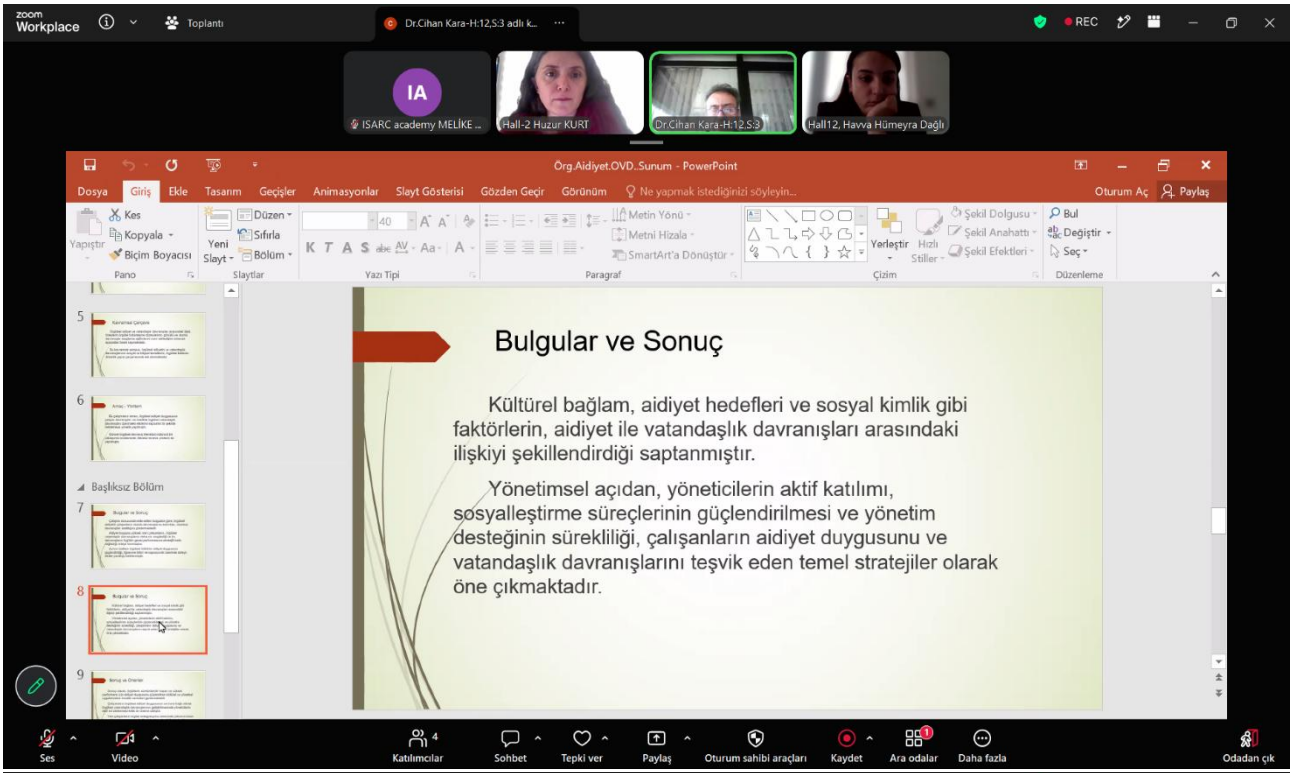

Toplantı
Erdem Balcı - Hall 7 adlı kişi...
REC
ISARC academy MELİKE ...
Erdem Balcı - Hall 7
Mürsel ORAK_Hall 7
hall-7, Mediha GÜNGÜN...
2. Mekanizma
(Menderes dış kıyısında aşınma)
Akarsu kıvrımlarında merkezkaç etkisiyle üç boyutlu ve karmaşık bir akım yapısı oluşur.
Yüzeye yakın sular dış kıyıya, tabana yakın sular ise iç kıyıya doğru hareket eder.
Akım etkisiyle dış kıyıda erozyon ve yatak oyulması meydana gelir.
Sedimentlerin iç kıyıda birikmesi, zamanla menderesin yer değiştirmesine neden olur.
Dış kıyıdaki aşınma, yol dolgusu ve temellerinin desteğini azaltarak oturma ve göçme riskini artırabilir.
Flow direction
Outer bank (damage risk)
Inner bank (deposition tendency)
Road (at outer bank)
River
Road
Outer bank (damage risk)
Şekil 3. Menderesli bir nehire komşu yol kesimi
Şekil 4. Dış kıyıdaki yol göçmesi
Bu kesimlerde oyulma sonucu, yol altyapı desteğini kaybedebilir.
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık


Toplantı
HALL 8 SESSİON2 HAZAL US...
REC
ISARC academy MELİKE ...
HALL 8 SESSİON2 HAZAL U...
Hall - 8 Gürkan Metiner
Hall 8 Meryem Halisdemir
HALL 8 Hilal Gamze Hak...
ayfer açıkgöz hall-8 sessi...
Ebeveynler ve Yapay Zekâ
HEMŞİRENİN ROLÜ
Güvenilir kaynaklara yönlendirme
Doğru bilgilendirme
Bilinçli karar vermeyi destekleme
Kullanım yaygınlaşıyor
Genç ve eğitim düzeyi yüksek ebeveynler daha fazla kullanıyor (Babic vd., 2025)
Tamamlayıcı kaynak
Güven duysalar da profesyonel değerlendirmenin yerini almadığını düşünüyorlar (Babic vd., 2025)
Okuryazarlık bilinci artırır
YZ okuryazarlığı yüksek ebeveynler daha bilinçli (Koçak ve Kurtulmuş, 2026; Yunike vd., 2023)
Windows'u Etkinleştir
Windows'u etkinleştirmek için Ayarlar'a gidin.
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

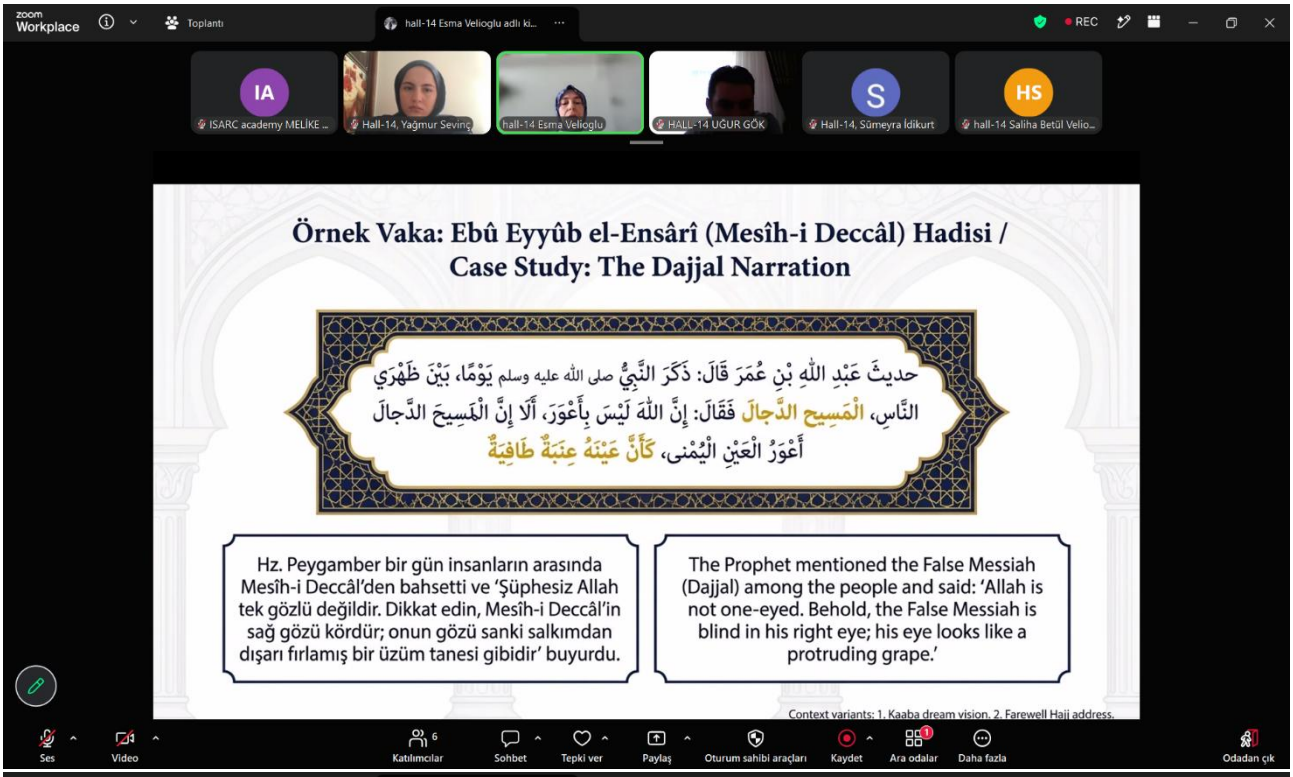

Toplantı
Hall-9 Işınsu Mutlu adlı kişini...
REC
ISARC academy MELİKE ...
Dönüş Doğan hall9
Hall 9-Dilek Ocaları
Hall-9 Işınsu Mutlu
Hall-9 Session-2 Hilal Gü...
hall-2. FATMA ÇAKIR
KLİNİK MESAJ
İlk müdahaleyi doğru anda başlatmak
Kan kaybını ölç ve hemodinamik bulgularla birlikte değerlendir.
Ölçüt karşılandığında ilk müdahaleyi geciktirme.
Sezaryen için ölçüm yöntemini ve ekip görevlerini planla.
Dinlediğiniz için teşekkür ederim.
12
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

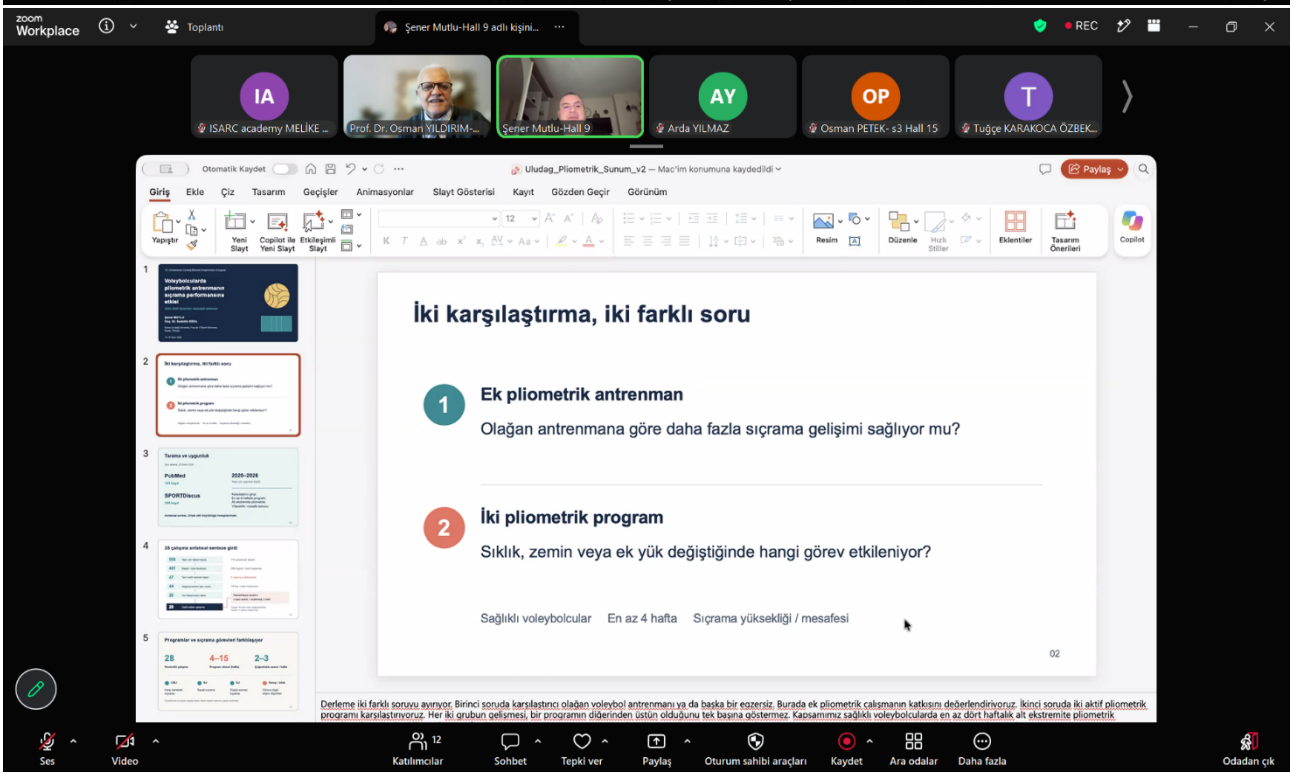

Toplantı
Hall-10,Mehmet Kürşat Terzi ...
REC
ISARC academy MELİKE ...
s2 h10 Güral Aydın
Hall-10,Mehmet Kürşat Terzi
Hall-10 Nermin KAHVECİ Y...
KEMAL AYDIN-H10
Hall-10, Feyzanur Şehito...
1. GİRİŞ
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
• Ağır vasıta araçlardaki süspansiyon sistemleri, yol ve yük koşullarına bağlı olarak dinamik yüklere maruz kalmaktadır. Bu sistemlerde kullanılan kauçuk burçlar, titreşim izolasyonu ve sürüş konforu açısından kritik bir rol oynamaktadır. Burçların rijitlik (stiffness) özellikleri, araç performansını doğrudan etkilemektedir.
• Bu çalışmanın temel amacı, farklı çaplama oranlarına sahip kauçuk burçların torsiyonel sertlik özelliklerini belirleyerek en uygun (optimal) kombinasyonu ortaya koymaktır.
BOM No
1.1 ASSEMBLY-1
1.1.1 INNER CORE
1.1.2 WASHER
1.2 VULCANIZE PART
1.2.1 INNER SLEEVE
1.2.2 OUTER BUSH
1.2.3 RUBBER
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık


Toplantı
Zeynep Koyuncu Hall 11...
REC
Zeynep Koyuncu Hall 11
Hamza KOÇ-Hall 11, Sessio...
Hall-11, Sıla ÇAKAR
Hall-11 Esma ACAR DEMİR
Hall-11 Atilla Dilekçi
Hasan Farajzade Hall-11
1 / 18
Otomatik yakınlaştır
bağdaştırıldığı benzetmelerden bahsetmiş; Türk toplumunda sağlık ve hastalıkla ilgili genel kabuller, hasta psikolojisi vb. çok çeşitli konularda örnekler vermiştir. Çeşitli nazım şekillerinden tıbba dair unsur içeren örnek beyitlerin sayısı 100'den fazladır. Tam bildiri olarak hazırlanan metinde konularına göre tasnif edilen orijinal beyitler sunulup taranan malzemenin görülmesi için elde edilen tüm beyitlere referans numarası ile yer verilecektir. Çalışma ile 17.
yüzyılın sonu 18. asrın başında yaşamış Osmanlı âlimi, şairi, bestekârı Bursalı Tâlib'in hastalık kavramı ile verdiği örnekler ilim âlemine tanıtılması hedeflendi.
Anahtar kelimeler: Bursalı Tâlib, Divan, Divan edebiyatı , tıp, hastalık.
2 atanmamış katılımcı
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık


Org.Aidiyet.OVD..Sunum - PowerPoint
Bulgular ve Sonuç
Kültürel bağlam, aidiyet hedefleri ve sosyal kimlik gibi faktörlerin, aidiyet ile vatandaşlık davranışları arasındaki ilişkiyi şekillendirdiği saptanmıştır.
Yönetimsel açıdan, yöneticilerin aktif katılımı, sosyalleştirme süreçlerinin güçlendirilmesi ve yönetim desteğinin sürekliliği, çalışanların aidiyet duygusunu ve vatandaşlık davranışlarını teşvik eden temel stratejiler olarak öne çıkmaktadır.

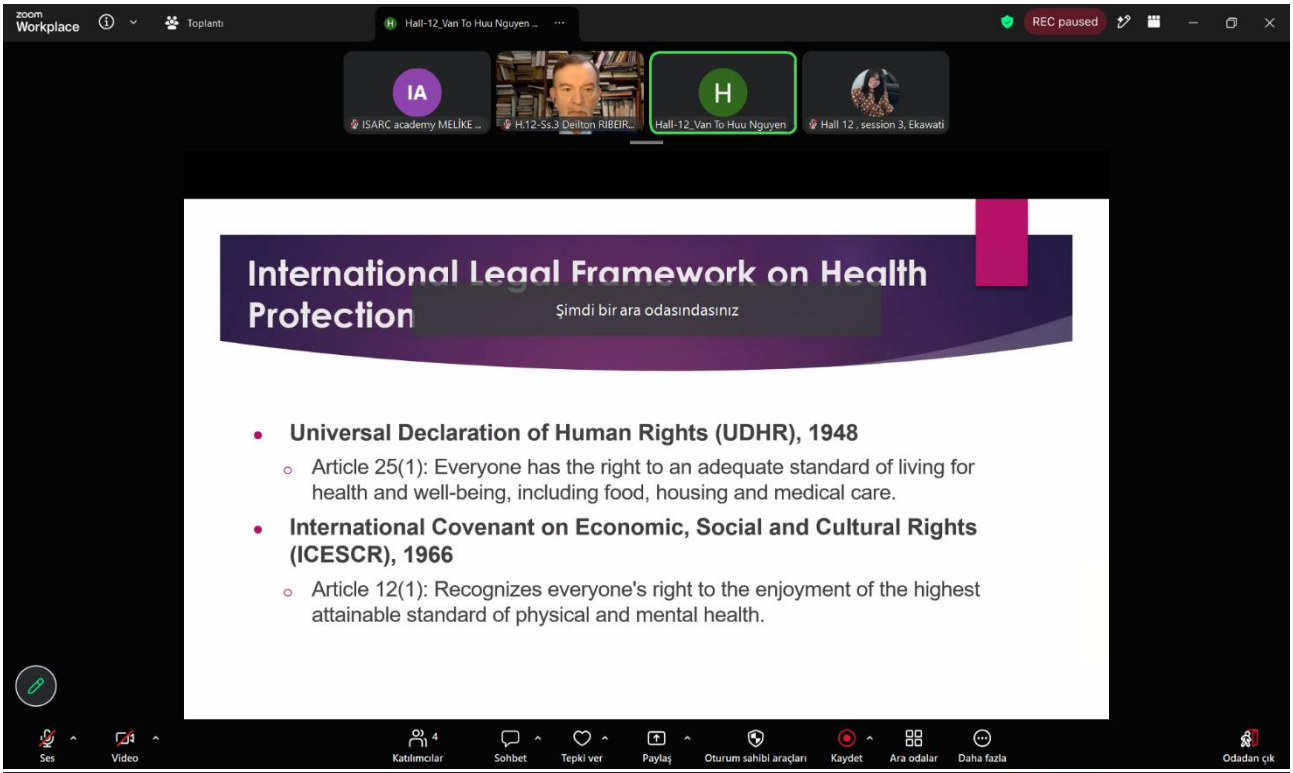

GÖRÜNMEYEN DARBE - POWERPOINT SUNUMUM - PowerPoint (Ürün Etkinleştirilemedi)
Giriş ve Amaç
Temas sporlarında beyin sağlığı tartışması, klinik sarsıntıdan belirti oluşturmayan tekrarlayan kafa darbelerine (TKD) kaymıştır. Futbolda kafa vuruşu, Amerikan futbolunda hat çarpışmaları ve boksta yumruklar bu maruziyetin tipik örnekleridir; lise düzeyindeki Amerikan futbolcularında sezon başına oyuncu başına yaklaşık 102 darbe ölçülmüştür.
Kronik travmatik ensefalopati (KTE) bugün yalnızca ölüm sonrası doğrulanabildiğinden, canlı sporcuda nöral hasarı izlemek için sıvı biyobelirteçler (NfL, GFAP, UCH-L1, tau, p-tau217, S100B) aday görülmektedir. Bu çalışmanın amacı, TKD ile bu belirteçler arasındaki ilişkiyi eleştirel biçimde değerlendirmek ve akut belirteç verisinden uzun dönem riske ne ölçüde çıkarım yapılabileceğini tartışmaktır.

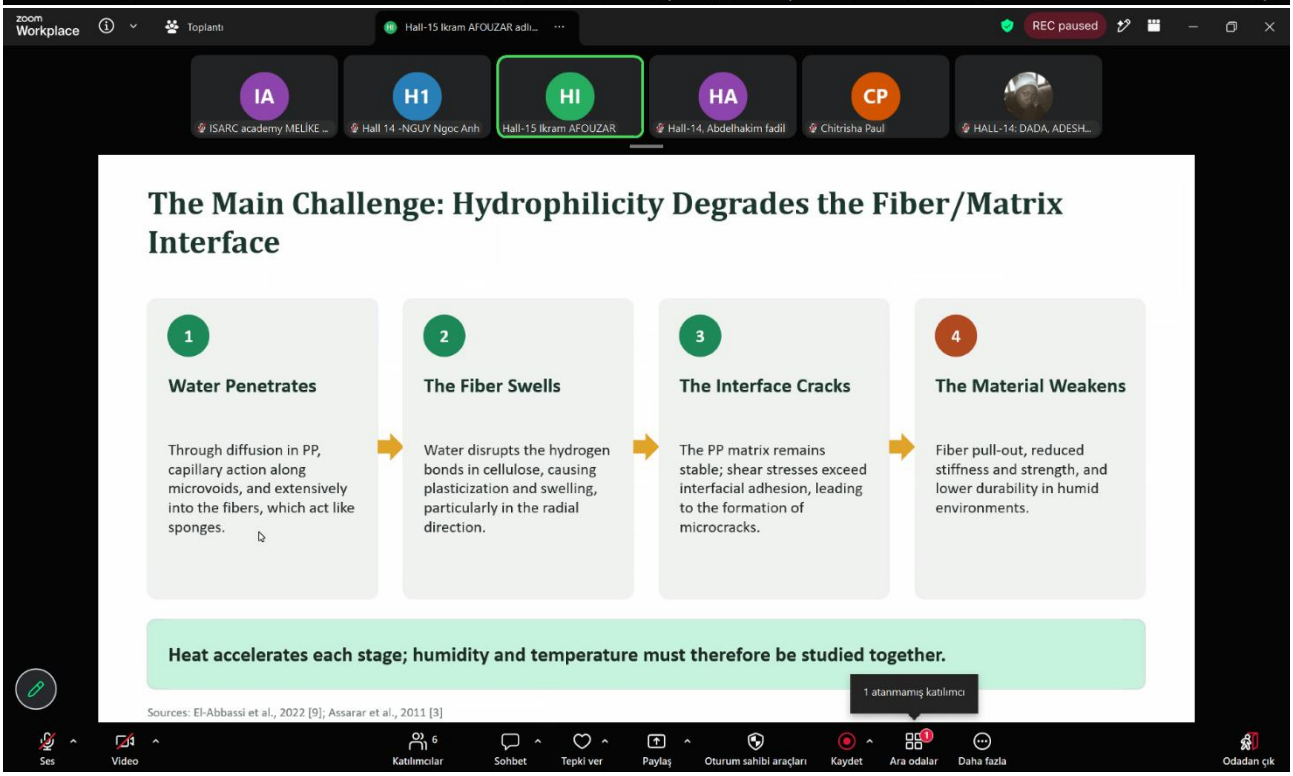

Örnek Vaka: Ebû Eyyûb el-Ensârî (Mesîh-i Deccâl) Hadisi /
Case Study: The Dajjal Narration
حديثَ عَبْدِ اللهِ بْنِ عُمَرَ قَالَ: ذَكَرَ النَّبِيُّ صلى الله عليه وسلم يَوْمًا، بَيْنَ ظَهْرَيِ
النَّاسِ، الْمَسِيحَ الدَّجَالَ فَقَالَ: إِنَّ اللهَ لَيْسَ بِأَعْوَرَ، أَلَا إِنَّ الْمَسِيحَ الدَّجَالَ
أَعْوَرُ الْعَيْنِ الْيُمْنَى، كَأَنَّ عَيْنَهُ عِنَبَةٌ طَافِيَةٌ
Hz. Peygamber bir gün insanların arasında Mesîh-i Deccâl'den bahsetti ve 'Şüphesiz Allah tek gözlü değildir. Dikkat edin, Mesîh-i Deccâl'in sağ gözü kördür; onun gözü sanki salkımdan dışarı fırlamış bir üzüm tanesi gibidir' buyurdu.
The Prophet mentioned the False Messiah (Dajjal) among the people and said: 'Allah is not one-eyed. Behold, the False Messiah is blind in his right eye; his eye looks like a protruding grape.'
Context variants: 1. Kaaba dream vision, 2. Farewell Hajj address.

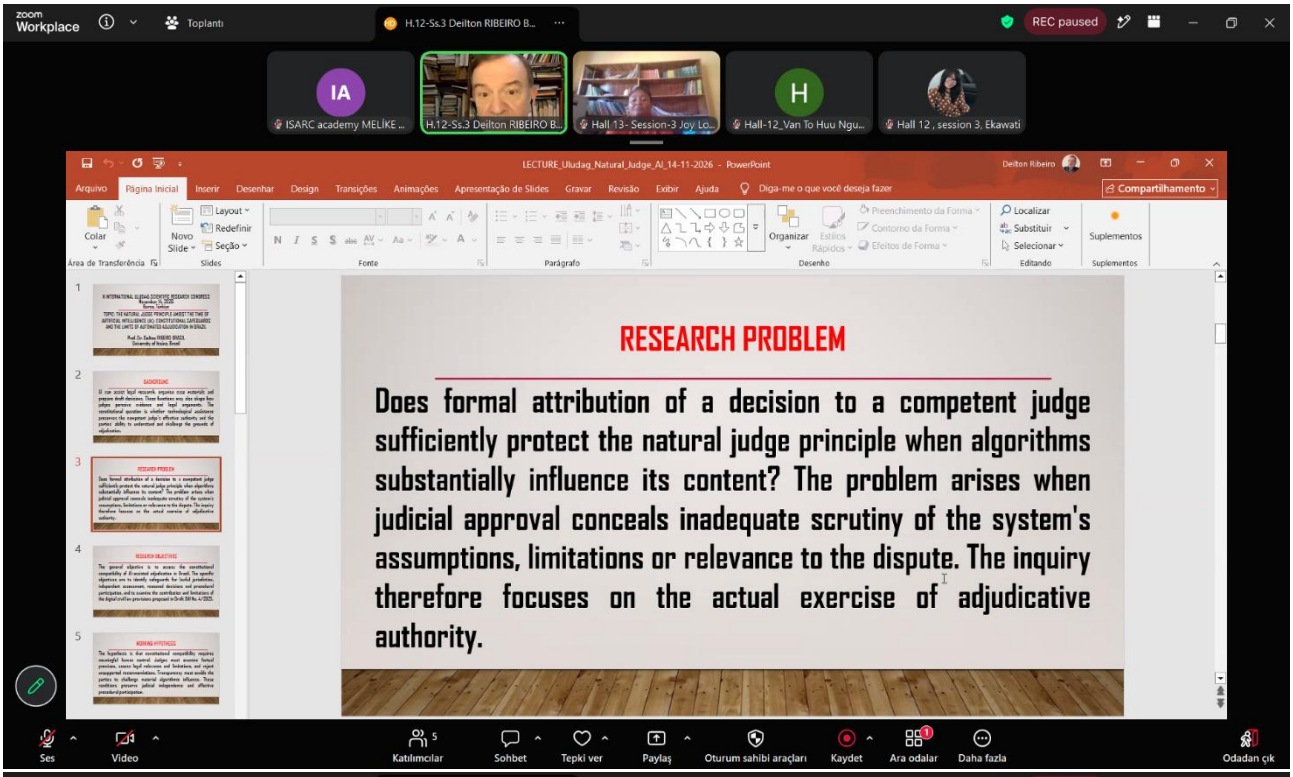

İki karşılaştırma, iki farklı soru
1 Ek pliometrik antrenman
Olağan antrenmana göre daha fazla sıçrama gelişimi sağlıyor mu?
2 İki pliometrik program
Sıklık, zemin veya ek yük değiştiğinde hangi görev etkileniyor?
Sağlıklı voleybolcular
En az 4 hafta
Sıçrama yüksekliği / mesafesi
02
Derleme iki farklı soruyu ayırıyor. Birinci soruda karşılaştırıcı olağan voleybol antrenmanı ya da başka bir egzersiz. Burada ek pliometrik çalışmanın katkısını değerlendiriyoruz. İkinci soruda iki aktif pliometrik programı karşılaştırıyoruz. Her iki grubun gelişmesi, bir programın diğerinden üstün olduğunu tek başına göstermez. Kapsamımız sağlıklı voleybolcularda en az dört haftalık alt ekstremite pliometrik

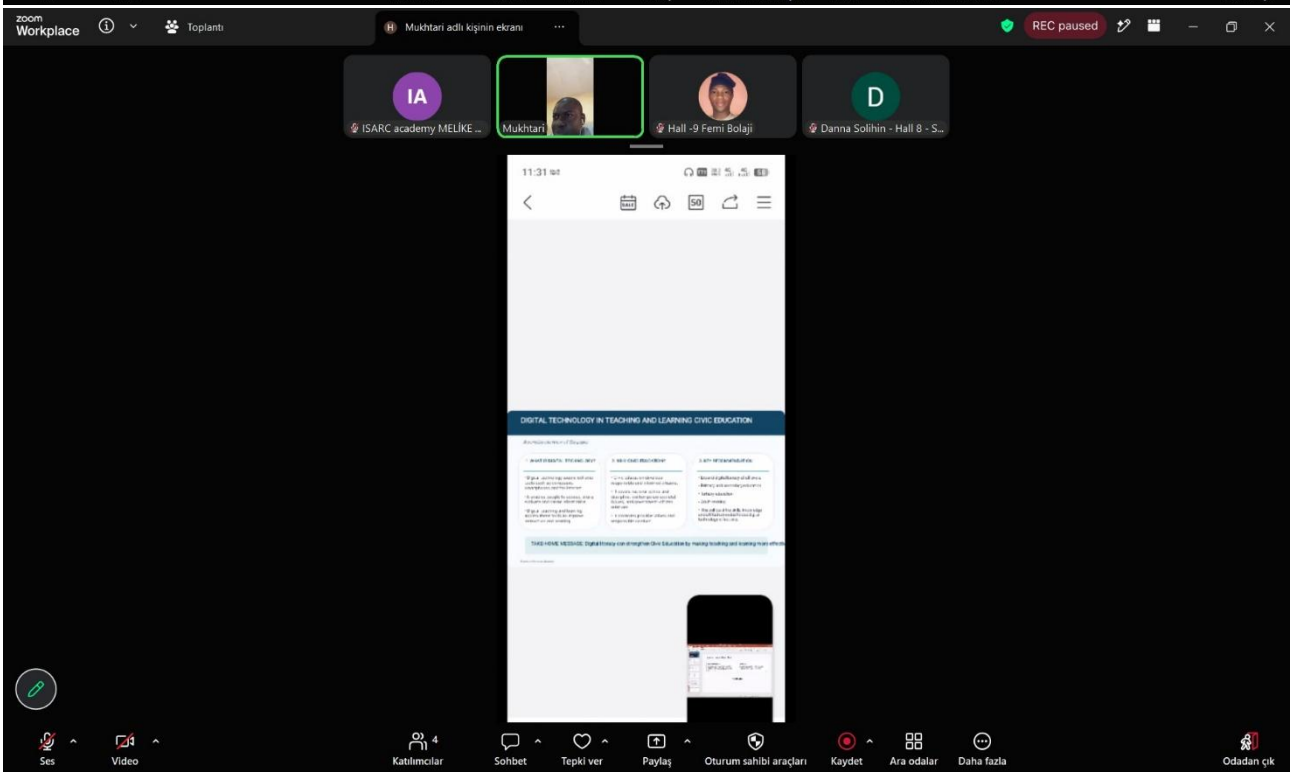

Yıllık yayın sayısı 25 yılda 32 kat arttı
Yıllık bilimsel üretim (n=5480; yıllık büyüme %14.9)
Yayın Sayısı
Yıllık ortalama atıf / makale
Yıl
20 → 642
yayın, 2000' den 2025' e
%14,9
yıllık büyüme oranı
%53,6
yayın 2020–2025' te

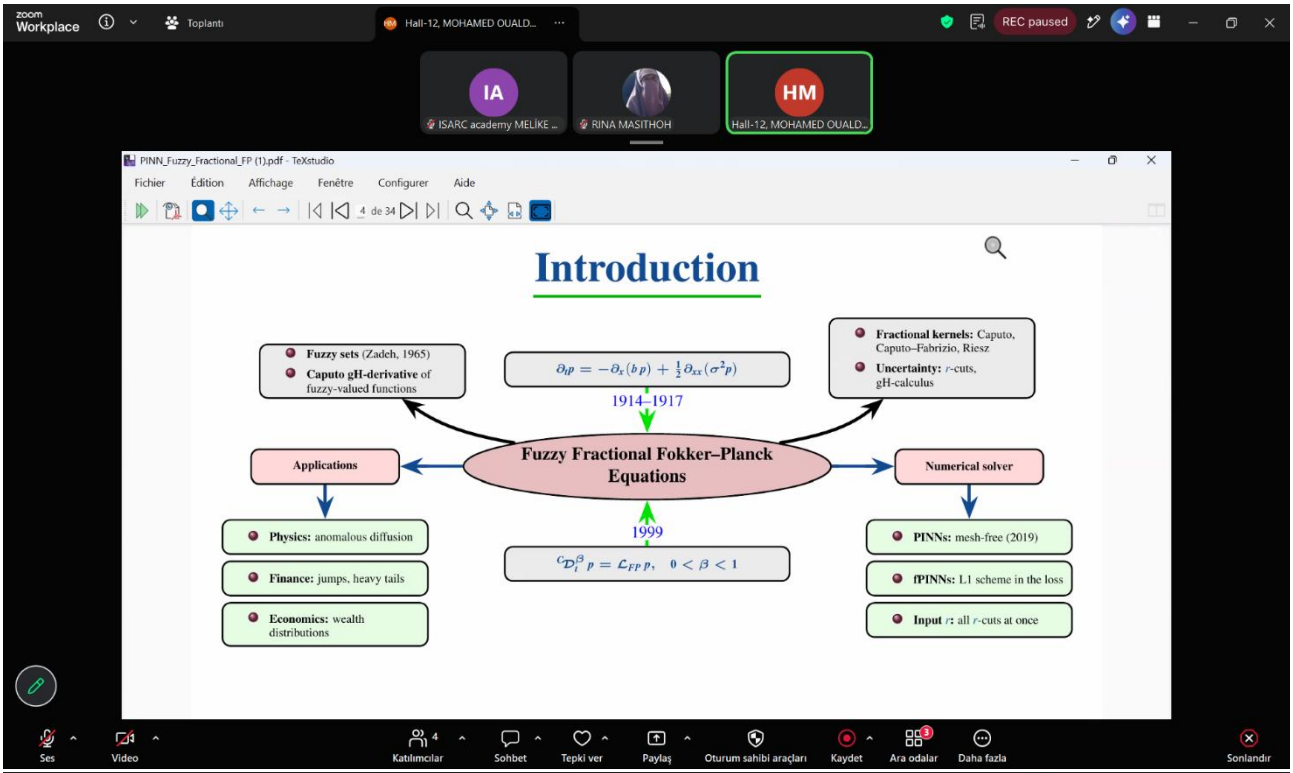

Statistical Analysis and Ethical Considerations
Statistical analysis
Data compiled in Microsoft Excel 2021
Analysed with SPSS version 25.0
Descriptive statistics: frequencies and percentages
Chi-square or Fisher's exact tests; 95% confidence interval; significance at p < 0.05
Ethical considerations
ISARC academy MELİKE KAYA

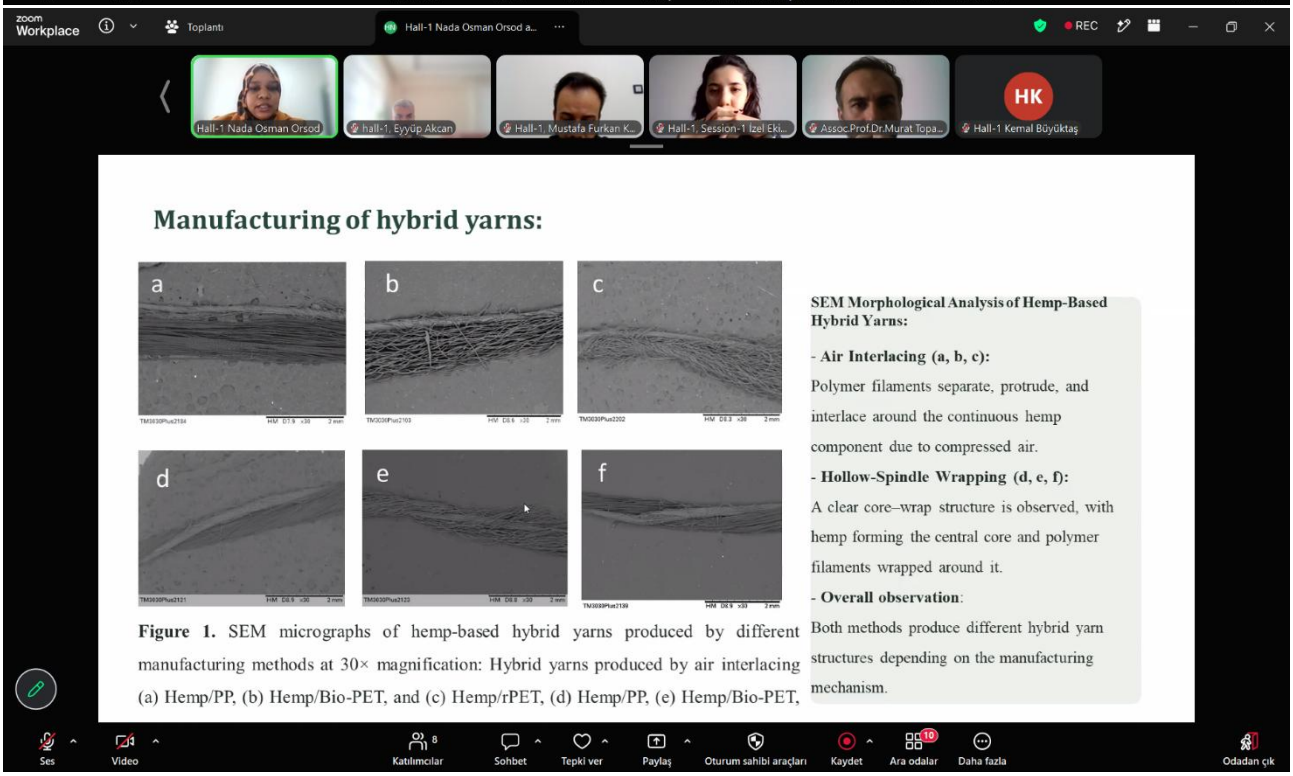

Workplace
Toplantı
Hall-12_Van To Huu Nguyen ...
REC paused
ISARC academy MELİKE ...
H.12-Ss.3 Deilton RIBEIR...
Hall-12_Van To Huu Nguyen
Hall 12 , session 3, Ekawati
International Legal Framework on Health Protection
Şimdi bir ara odasındasınız
Universal Declaration of Human Rights (UDHR), 1948
Article 25(1): Everyone has the right to an adequate standard of living for health and well-being, including food, housing and medical care.
International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights (ICESCR), 1966
Article 12(1): Recognizes everyone's right to the enjoyment of the highest attainable standard of physical and mental health.
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

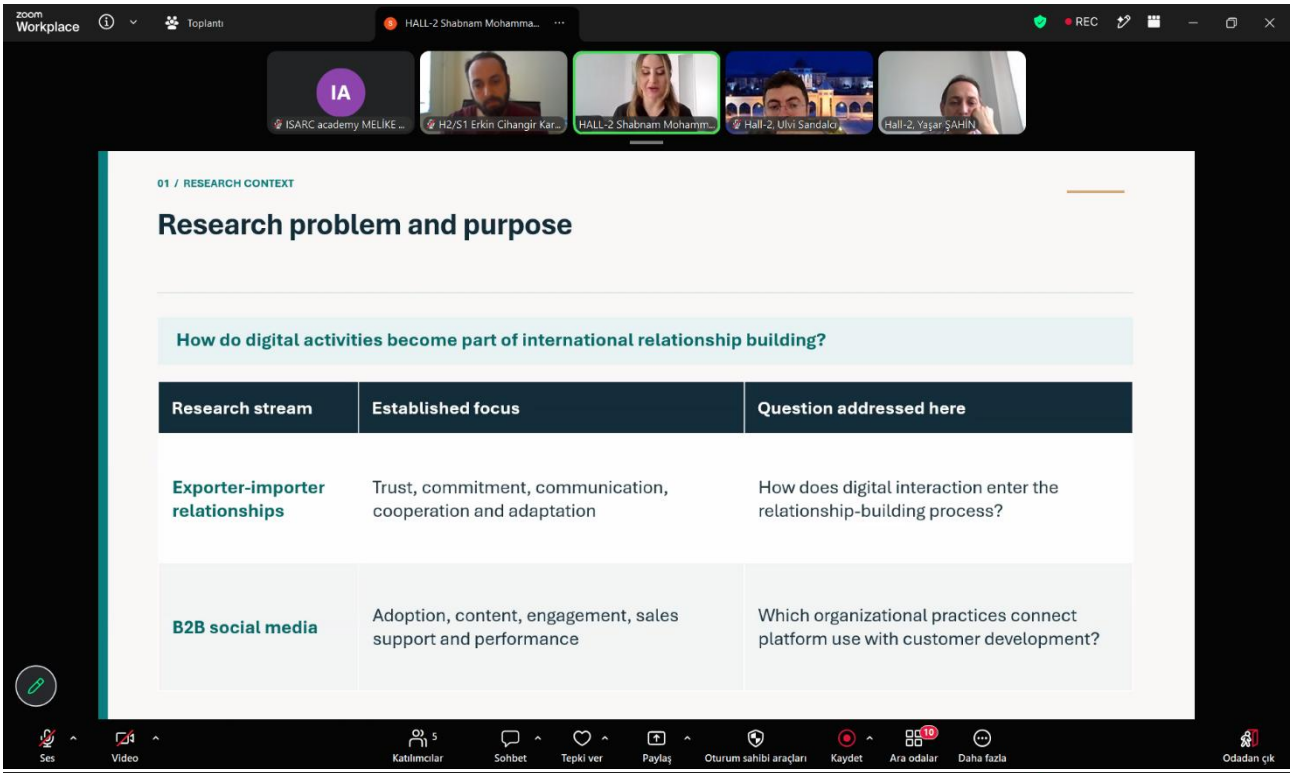

Workplace
Toplantı
Hall-15 Ikram AFOUZAR adlı...
REC paused
ISARC academy MELİKE ...
Hall 14 -NGUY Ngoc Anh
Hall-15 Ikram AFOUZAR
Hall-14. Abdelhakim fadil
Chitrisha Paul
HALL-14: DADA, ADESH...
The Main Challenge: Hydrophilicity Degrades the Fiber/Matrix Interface
1
Water Penetrates
Through diffusion in PP, capillary action along microvoids, and extensively into the fibers, which act like sponges.
2
The Fiber Swells
Water disrupts the hydrogen bonds in cellulose, causing plasticization and swelling, particularly in the radial direction.
3
The Interface Cracks
The PP matrix remains stable; shear stresses exceed interfacial adhesion, leading to the formation of microcracks.
4
The Material Weakens
Fiber pull-out, reduced stiffness and strength, and lower durability in humid environments.
Heat accelerates each stage; humidity and temperature must therefore be studied together.
Sources: El-Abbassi et al., 2022 [9]; Assarar et al., 2011 [3]
1 atanmamış katılımcı
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

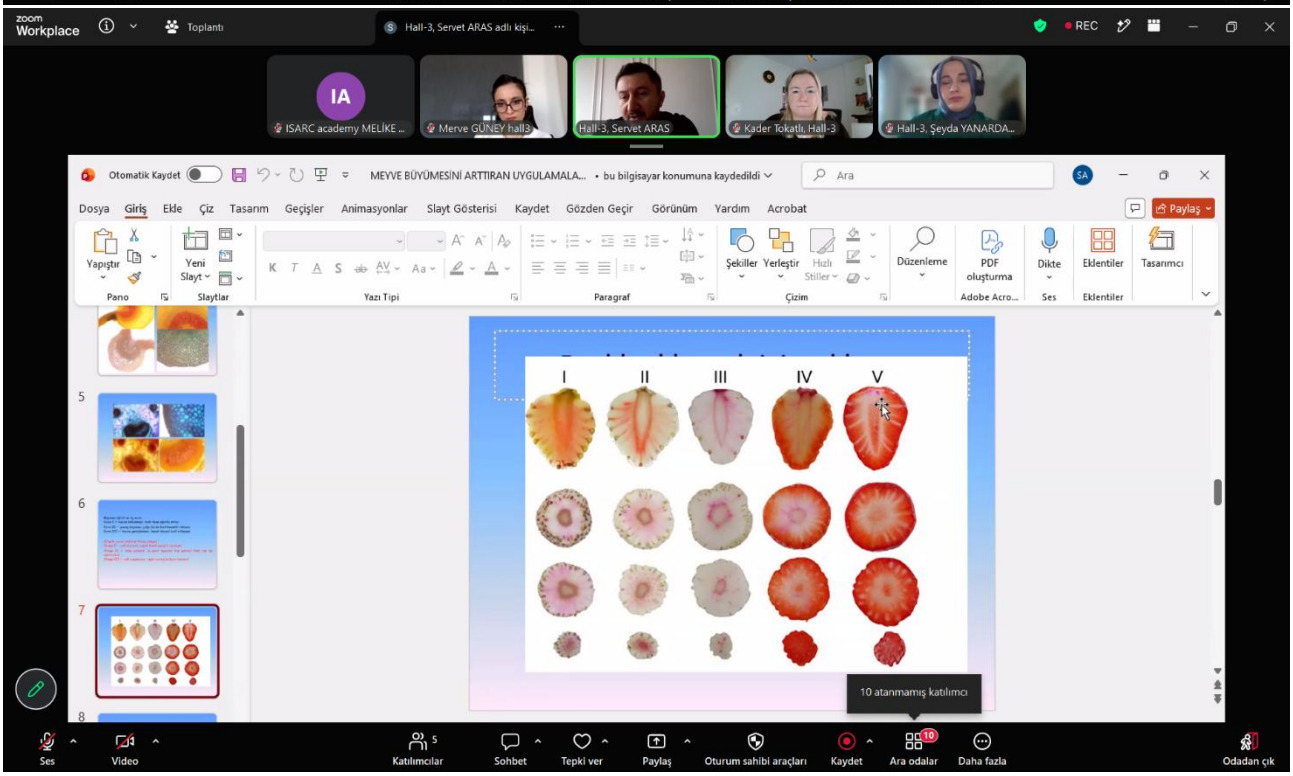

zoom Workplace
Toplantı
H.12-Ss.3 Deilton RIBEIRO B...
REC paused
ISARC academy MELİKE ...
H.12-Ss.3 Deilton RIBEIRO B...
Hall 13- Session-3 Joy Lo...
Hall-12_Van To Huu Ngu...
Hall 12 , session 3, Ekawati
LECTURE_Uludag_Natural_Judge_AI_14-11-2026 - PowerPoint
Deilton Ribeiro
RESEARCH PROBLEM
Does formal attribution of a decision to a competent judge sufficiently protect the natural judge principle when algorithms substantially influence its content? The problem arises when judicial approval conceals inadequate scrutiny of the system's assumptions, limitations or relevance to the dispute. The inquiry therefore focuses on the actual exercise of adjudicative authority.
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

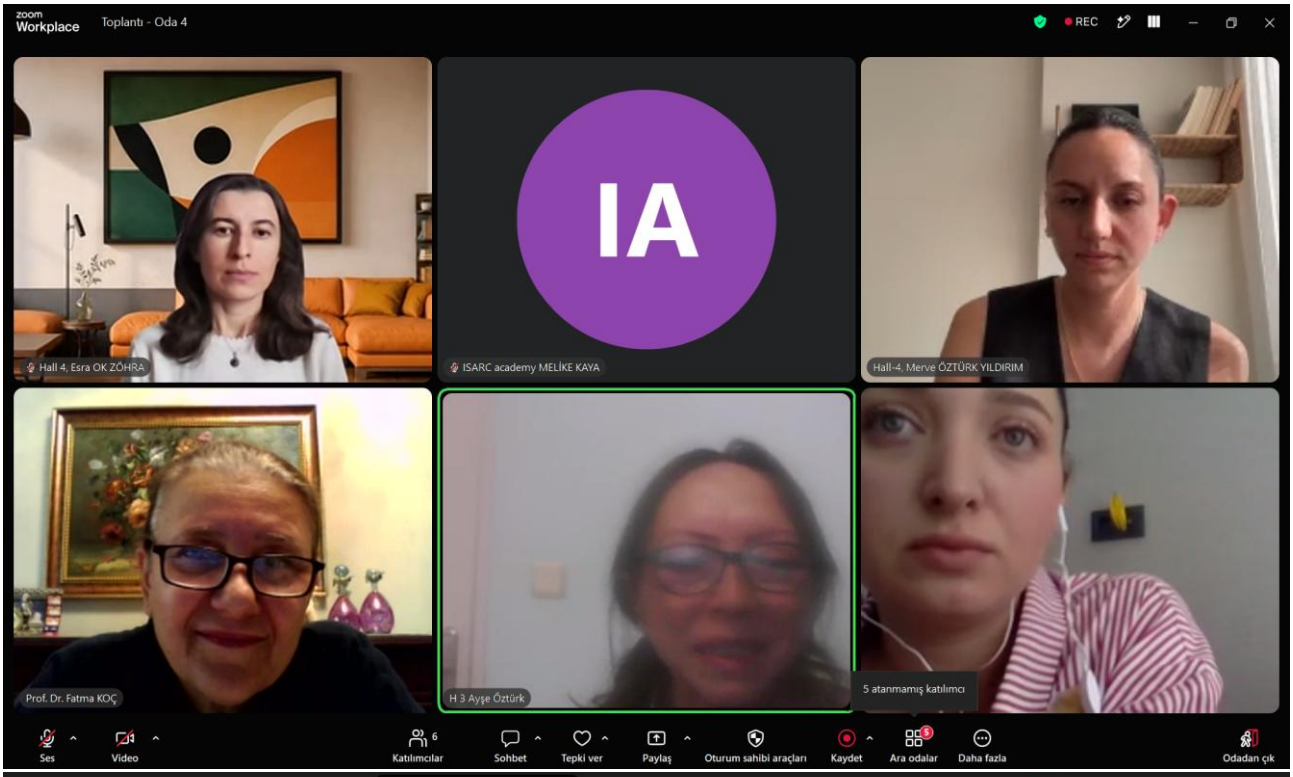

zoom Workplace
Toplantı
Mukhtari adlı kişinin ekranı
REC paused
ISARC academy MELİKE ...
Mukhtari
Hall -9 Femi Bolaji
Danna Solihin - Hall 8 - S...
DIGITAL TECHNOLOGY IN TEACHING AND LEARNING CIVIC EDUCATION
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık


Hall-12, MOHAMED OUALD...
REC paused
IA
ISARC academy MELİKE ...
RINA MASITHOH
HM
Hall-12, MOHAMED OUALD...
PINN_Fuzzy_Fractional_FP (1).pdf - TeXstudio
Fichier Édition Affichage Fenêtre Configurer Aide
Introduction
Fuzzy sets (Zadeh, 1965)
Caputo gH-derivative of fuzzy-valued functions
$\partial_t p = -\partial_x(b\,p) + \frac{1}{2}\partial_{xx}(\sigma^2 p)$
1914–1917
Fractional kernels: Caputo, Caputo–Fabrizio, Riesz
Uncertainty: r-cuts, gH-calculus
Fuzzy Fractional Fokker–Planck Equations
Applications
Numerical solver
Physics: anomalous diffusion
Finance: jumps, heavy tails
Economics: wealth distributions
1999
${}^{C}\mathcal{D}_t^{\beta} p = \mathcal{L}_{FP}\, p, \quad 0 < \beta < 1$
PINNs: mesh-free (2019)
fPINNs: L1 scheme in the loss
Input r: all r-cuts at once
Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturum sahibi araçları Kaydet Ara odalar Daha fazla Sonlandır


Hall-1 Nada Osman a...
REC
Hall-1 Nada Osman Orsod
hall-1, Eyyüp Akcan
Hall-1, Mustafa Furkan K...
Hall-1, Session-1 İzel Eki...
Assoc.Prof.Dr.Murat Topa...
HK
Hall-1 Kemal Büyüktaş
Manufacturing of hybrid yarns:
a
b
c
d
e
f
SEM Morphological Analysis of Hemp-Based Hybrid Yarns:
- Air Interlacing (a, b, c):
Polymer filaments separate, protrude, and interlace around the continuous hemp component due to compressed air.
- Hollow-Spindle Wrapping (d, e, f):
A clear core–wrap structure is observed, with hemp forming the central core and polymer filaments wrapped around it.
- Overall observation:
Both methods produce different hybrid yarn structures depending on the manufacturing mechanism.
Figure 1. SEM micrographs of hemp-based hybrid yarns produced by different manufacturing methods at 30× magnification: Hybrid yarns produced by air interlacing (a) Hemp/PP, (b) Hemp/Bio-PET, and (c) Hemp/rPET, (d) Hemp/PP, (e) Hemp/Bio-PET,
Ses Video Katılımcılar Sohbet Tepki ver Paylaş Oturum sahibi araçları Kaydet Ara odalar Daha fazla Odadan çık

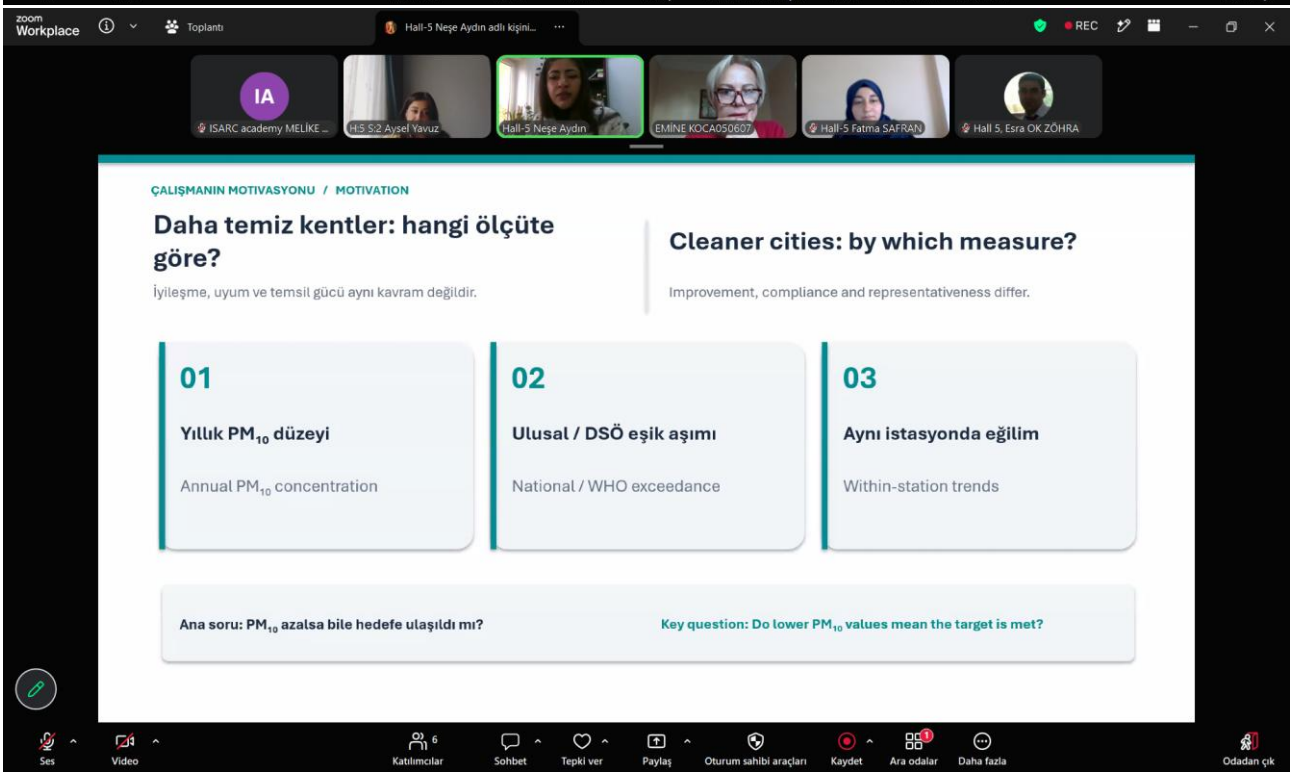

Workplace
Toplantı
HALL-2 Shabnam Mohamma...
REC
ISARC academy MELİKE ...
H2/S1 Erkin Cihangir Kar...
HALL-2 Shabnam Mohamm...
Hall-2, Ulvi Sandalcı
Hall-2, Yaşar ŞAHİN
01 / RESEARCH CONTEXT
Research problem and purpose
How do digital activities become part of international relationship building?
Research stream
Established focus
Question addressed here
Exporter-importer relationships
Trust, commitment, communication, cooperation and adaptation
How does digital interaction enter the relationship-building process?
B2B social media
Adoption, content, engagement, sales support and performance
Which organizational practices connect platform use with customer development?
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık


Workplace
Toplantı
Hall-3, Servet ARAS adlı kişi...
REC
ISARC academy MELİKE ...
Merve GÜNEY hall3
Hall-3, Servet ARAS
Kader Tokatlı, Hall-3
Hall-3, Şeyda YANARDA...
MEYVE BÜYÜMESİNİ ARTTIRAN UYGULAMALA...
bu bilgisayar konumuna kaydedildi
Dosya
Giriş
Ekle
Çiz
Tasarım
Geçişler
Animasyonlar
Slayt Gösterisi
Kaydet
Gözden Geçir
Görünüm
Yardım
Acrobat
I
II
III
IV
V
10 atanmamış katılımcı
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

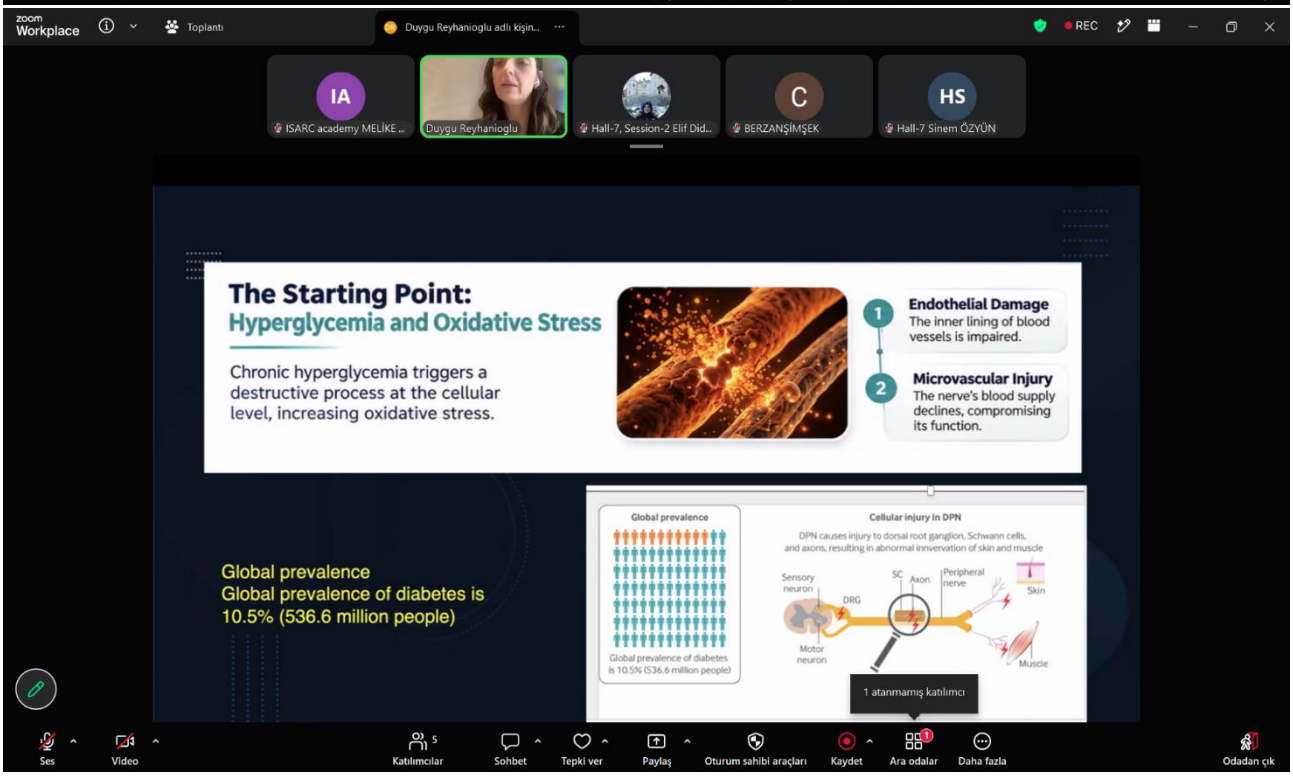

zoom Workplace
Toplantı - Oda 4
REC
Hall 4, Esra OK ZOHRA
IA
ISARC academy MELİKE KAYA
Hall-4, Merve ÖZTÜRK YILDIRIM
Prof. Dr. Fatma KOÇ
H 3 Ayşe Öztürk
5 atanmamış katılımcı
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

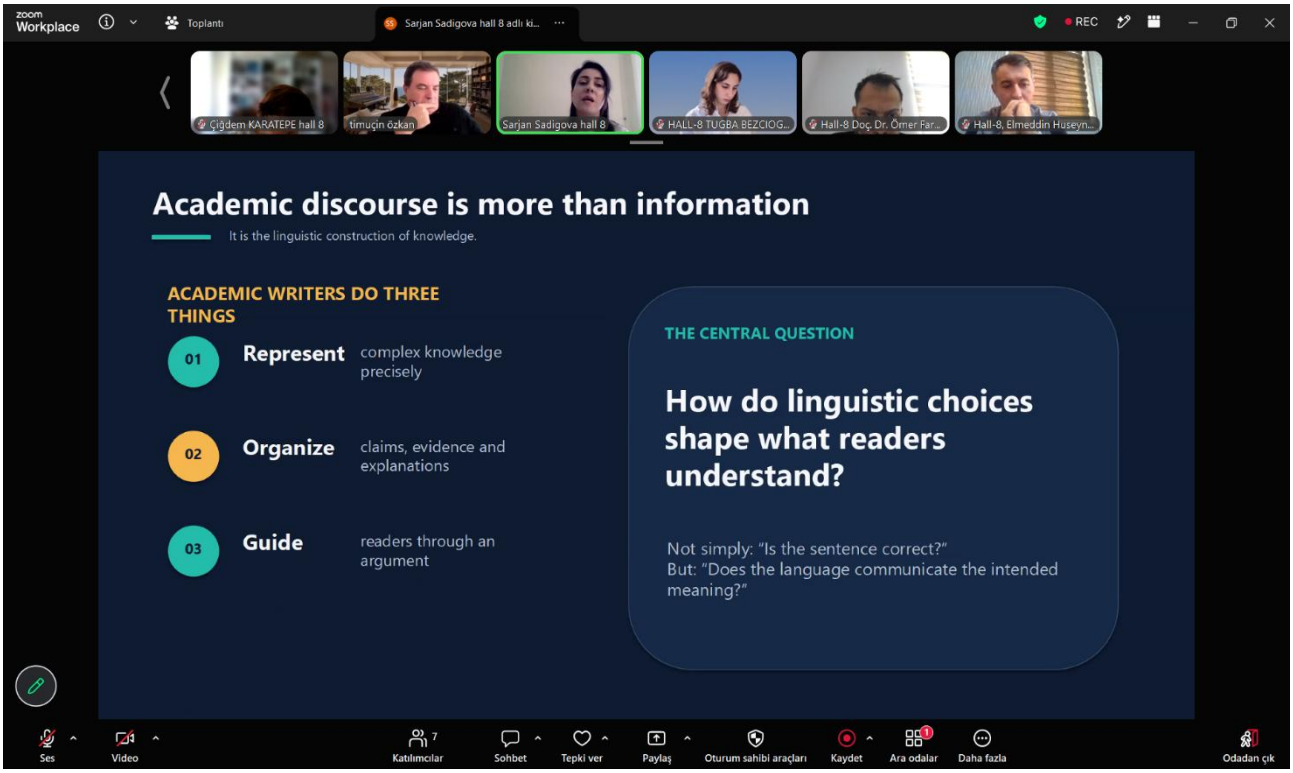

zoom Workplace
Toplantı
Prof. Dr. Fatma KOÇ adlı kişin...
REC
ISARC academy MELİKE ...
Hall 4, Esra OK ZOHRA
Prof. Dr. Fatma KOÇ
Hall-4, Merve ÖZTÜRK Yı...
H 3 Ayşe Öztürk
irem dereli
2. YÖNTEM
❑Çalışma, nitel betimsel bir araştırma deseni üzerine kurulmuştur. Desenin nitel olması, ölçüm ve sayımla değil, anlam ve ilişkiyle çalışılmasından kaynaklanmaktadır.
❑Türk halk giyiminde kullanılan cepken ve benzeri kısa üstlüklerin işlevi, tek başına ölçülebilir bir özellik değil, parçalar arasındaki ilişkide doğan bir niteliktir. Bu nedenle çalışma, giysiyi bir nesne olarak betimlemenin ötesine geçerek katmanlar arasındaki ilişkiyi okumayı amaçlamakta, bu da çalışmanın birimini tek parça giysi üzerinden giysinin bütünlüğüne ve giyinme biçimine taşımaktadır.
❑Çalışmanın veri kaynağı, Türkiye Cumhuriyeti sınırları içindeki yörelerde araştırmacılar tarafından farklı yıllarda yürütülmüş saha çalışmalarından elde edilen cepken ve benzeri kısa üstlük örneklerinden okumalar oluşturmaktadır.
❑Bildiri, cepken ve benzeri kısa üstlüklerin işlev temelli tasnifinde belirlenen altı işlevden giysinin alt katmanla kurduğu ilişki ve bu ilişkinin görünürlüğü öne çıkarılarak "katman tamamlayıcılığı ve görünürlük" işlevi açısından ele alınmıştır.
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık


Workplace
Toplantı
Hall-4, Merve ÖZTÜRK YILDI...
REC
IA
ISARC academy MELİKE ...
Hall 4, Esra OK ZÖHRA
Hall-4, Merve ÖZTÜRK YILD...
Prof. Dr. Fatma KOÇ
H 3 Ayşe Öztürk
irem dereli
GİRİŞ
Yazma sanatı, kumaş yüzeylerine elde çizim teknikleriyle ya da oyulmuş ahşap kalıplar kullanılarak desenin kumaşa aktarıldığı geleneksel bir süsleme sanatıdır. Bu yöntemle oluşturulan desenli kumaşlar "yazma" olarak adlandırılmıştır. Tarihsel süreçte gelişerek geleneksel halk sanatları arasında önemli bir yer edinen yazmacılık, 17. yüzyılda en önemli örneklerini İstanbul yazmalarıyla vermiştir. 18. yüzyılda ise yazma sanatının saray eşyalarında da kullanıldığı görülmektedir (Kaya, 1974: 9).
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık


Workplace
Toplantı
Hall-5 Neşe Aydın adlı kişini...
REC
IA
ISARC academy MELİKE ...
H5 S:2 Aysel Yavuz
Hall-5 Neşe Aydın
EMİNE KOCA050607
Hall-5 Fatma SAFRAN
Hall 5, Esra OK ZÖHRA
ÇALIŞMANIN MOTIVASYONU / MOTIVATION
Daha temiz kentler: hangi ölçüte göre?
İyileşme, uyum ve temsil gücü aynı kavram değildir.
Cleaner cities: by which measure?
Improvement, compliance and representativeness differ.
01
Yıllık PM10 düzeyi
Annual PM10 concentration
02
Ulusal / DSÖ eşik aşımı
National / WHO exceedance
03
Aynı istasyonda eğilim
Within-station trends
Ana soru: PM10 azalsa bile hedefe ulaşıldı mı?
Key question: Do lower PM10 values mean the target is met?
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık


Toplantı
Hall-6 | Ufuk Batga adlı kişin...
REC
Hall-6 | Ufuk Batga
Hall-6 S:2 Birkan Büyüka...
HD
Hall-6, Dr.Emrah meletlio...
Hall-6 Emin ŞEŞEN
HE
Hall-6, Ebru Tamberk
HD
Hall6-Elif Dorukbaşı-Hall6
Çalışmanın amacı ve kapsamı
1,6 mm GI kaplamalı TBF1180 çeliğinde MFDC direnç nokta kaynağı
Amaç
Parametre değişimlerinin kaynak bölgesinde oluşturduğu makro ve mikro ölçekteki görünümü ön değerlendirmek.
İnceleme kapsamı
Çalışmada 7 kaynak koşulu incelenmektedir. Bu sunumda S1, S2, S6 ve S7'nin seçilmiş sonuçları paylaşılmaktadır.
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık


Toplantı
Duygu Reyhanioglu adlı kişin...
REC
IA
ISARC academy MELİKE ...
Duygu Reyhanioglu
Hall-7, Session-2 Elif Did...
C
BERZANŞİMŞEK
HS
Hall-7 Sinem ÖZYÜN
The Starting Point:
Hyperglycemia and Oxidative Stress
Chronic hyperglycemia triggers a destructive process at the cellular level, increasing oxidative stress.
1 Endothelial Damage
The inner lining of blood vessels is impaired.
2 Microvascular Injury
The nerve's blood supply declines, compromising its function.
Global prevalence
Global prevalence of diabetes is 10.5% (536.6 million people)
Global prevalence
Global prevalence of diabetes is 10.5% (536.6 million people)
Cellular injury in DPN
DPN causes injury to dorsal root ganglion, Schwann cells, and axons, resulting in abnormal innervation of skin and muscle
Sensory neuron
DRG
SC
Axon
Peripheral nerve
Skin
Motor neuron
Muscle
1 atanmamış katılımcı
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık


Workplace
Toplantı
Sarjan Sadigova hall 8 adlı ki...
REC
Çiğdem KARATEPE hall 8
timuçin özkan
Sarjan Sadigova hall 8
HALL-8 TUGBA BEZCIOG...
Hall-8 Doç. Dr. Ömer Far...
Hall-8, Elmeddin Huseyn...
Academic discourse is more than information
It is the linguistic construction of knowledge.
ACADEMIC WRITERS DO THREE THINGS
01 Represent complex knowledge precisely
02 Organize claims, evidence and explanations
03 Guide readers through an argument
THE CENTRAL QUESTION
How do linguistic choices shape what readers understand?
Not simply: "Is the sentence correct?"
But: "Does the language communicate the intended meaning?"
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Oturum sahibi araçları
Kaydet
Ara odalar
Daha fazla
Odadan çık

INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

KONU: Kongre Katılımcı Bilgisi **26.11.2026**

İLGİLİ MAKAMA

10.ULUSLARARASI ULUDAĞ BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ 14-15 KASIM 2026 tarihleri arasında BURSA ‘da online olarak 27 farklı ülkeden (Türkiye:149 ve diğer Ülkeler:157 Toplam:306 akademisyen/araştırmacıların katılımı ile gerçekleşmiştir. Kongre, 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen ‘’ Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurtdışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışından en az 5 ülkeden farklı tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır. ‘’ değişikliğine ve Doçentlik kriterlerine uygun düzenlenmiştir.
Bilgilerinize arz edilir.
Saygılarımla

Sefa Salih BİLDİRİCİ
HEAD OF İSARC

CONTENT

CONGRESS ID	II
SCIENTIFIC & REVIEW COMMITTEE	III-V
PROGRAM	VI-LII
PHOTO GALLERY	LIII-LXXII
ACADEMIC INCENTIVE	LXXIII
CONTENT	LXXIV-LXXX

AUTHORS	TITLE	NO
NADA OSMAN ORSOD Prof.Dr.ERHAN KENAN ÇEVEN Prof.Dr.MEHMET KARAHAN	TENSİLE BEHAVİOR AND POST-FAİLURE APPEARANCE OF HEMP/POLYMER HYBRİD YARNS PRODUCED BY AİR INTERLACİNG AND HOLLOW-SPİNDLE WRAPPİNG	1-8
Assist. Prof. Dr. Eyyüp AKCAN	TD-GMT: A THREE-DOMAİN GATED MULTİSCALE TRANSFORMER FOR BEARİNG FAULT DİAGNOSİS WİTH RECORD-LEVEL CROSS-VALİDATİON ON CWRU	9-18
Dr. Erdi YILDIZ Dr. Ahmet KIRNAP	COMPARISON OF CLASSICAL, FEEDFORWARD, AND FUZZY PID CONTROLLERS IN A DC MOTOR-DRIVEN BALL SCREW POSITIONING SYSTEM UNDER VARIABLE LOAD CONDITIONS	19-36
Assist. Prof. Dr. Mustafa Furkan KESKENLER Prof. Dr. İbrahim Yücel ÖZBEK Assoc. Prof. Dr. Emin Argun ORAL Prof. Dr. Eyüp Fahri KESKENLER	CATTLE SEGMENTATİON USİNG YOLO11 UNDER REAL FARM CONDİTİONS: TARGET SELECTİON AND VİSUAL QUALİTY ASSESSMENT İN MULTİ-ANİMAL IMAGES	37-49
Lect. İzel EKİNCİ Assoc. Prof. Daver ALİ	A COMPARATIVE REVIEW ON PROCESS DYNAMICS AND MECHANICAL PERFORMANCE OF STANDARD PLA, PLA+, AND HS-PLA IN FUSED DEPOSITION MODELING	50-61
Assoc. Prof. Dr.Murat TOPAL Emine Işıl ARSLAN TOPAL Erdal ÖBEK Erdal ÇELİK	INVESTIGATION OF THE ACCUMULATION OF MAGNESIUM AND PHOSPHORUS FROM STRATEGIC AND CRITICAL RAW MATERIALS IN GRAPEVINES	62-69
Assoc. Prof. Dr.Murat TOPAL Emine Işıl ARSLAN TOPAL Erdal ÖBEK Erdal ÇELİK	ACCUMULATION OF GALLIUM AND TITANIUM FROM STRATEGIC AND CRITICAL RAW MATERIALS IN MAIZE KERNELS	70-76
Kemal BUYUKTAS	A DATA-DRİVEN EMPLOYEE LİFECYCLE ANALYTİCS FRAMEWORK FOR RETAİL WORKFORCE: INTEGRATİNG 360-DEGREE FEEDBACK, OKR PERFORMANCE TRACKİNG AND EXİT-INTERVİEW SİGNALS	77-98
Shabnam Mohammadi	HOW SOCIAL MEDIA BUILDS EXPORTER-IMPORTER RELATIONSHIPS: DYNAMIC CAPABILITIES VIEW	99-100
Assoc. Prof. Dr. Ulvi SANDALCI Assoc. Prof. Dr. İnci SANDALCI	PUBLIC DEBT CONVERGENCE DYNAMICS IN OECD COUNTRIES: β-CONVERGENCE, σ-CONVERGENCE, AND THE PHILLIPS–SUL APPROACH	101-116
Assoc. Prof. Dr. Ulvi SANDALCI Assoc. Prof. Dr. İnci SANDALCI	THE IMPACT OF TAX REVENUE VOLATILITY ON PUBLIC SECTOR	117-136
Lect. Dr. Yaşar ŞAHİN Assist. Prof. Dr. Onur OKTAYSOY Assoc. Prof. Dr. Muhammed Akif YENİKAYA	KEY TRENDS IN WORKLOAD AND TURNOVER INTENTION RESEARCH: SCIENTIFIC STRUCTURE AND THEMATIC EVOLUTION	137-168
Lect. Dr. Yaşar ŞAHİN Assoc. Prof. Dr. Muhammed Akif YENİKAYA Assoc. Prof. Dr. Selen UYGUNGİL ERDOĞAN	AN EXAMINATION OF THE ORGANIZATIONAL AGILITY LITERATURE USING TEXT MINING METHODS	169-192

Assist. Prof. Dr. Erkin Cihangir KARATAŞ	THE EU SOIL MONITORING AND RESILIENCE DIRECTIVE AND TURKISH AGRICULTURE: AN ASSESSMENT FROM THE PERSPECTIVE OF SUSTAINABLE SOIL MANAGEMENT	193-202
Assist. Prof. Dr. Erkin Cihangir KARATAŞ	THE EU WATER REUSE REGULATION AND TREATED WASTEWATER IN AGRICULTURAL IRRIGATION: AN ASSESSMENT FOR TÜRKİYE	203-213
Prof. Dr. Servet ARAS Assoc. Prof. Dr. Müjgan GÜNEY	PRACTICES INCREASING FRUIT GROWTH	214-219
Prof. Dr. Servet ARAS Assoc. Prof. Dr. Murat GÜNEY	USE OF THERMAL CAMERAS IN PLANT PRODUCTION	220-224
Merve GÜNEY, Esra SARPYAR , Rasoul ONSİNEJAD	DEVELOPMENT OF OPEN-FIELD ADAPTED KAPYA-TYPE PEPPER VARIETIES RESISTANT TO TSWV	225-227
Zeynep SOLMAZ ÇAKIRTAŞ Assoc. Prof. Dr. Kader TOKATLI	THE EFFECT OF METHANOL CONCENTRATION ON THE ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION OF PHENOLIC COMPOUNDS FROM ARONIA	228-235
Research Assistant, PhD Şeyda YANARDAĞ KARABULUT Assoc. Prof. Dr. Gülce Bedis KAYNARCA Assist. Prof. Dr. Başak Ebru ÖZCAN	EFFECT OF DIFFERENT EXTRACTION METHODS ON THE BIOACTIVE PROPERTIES AND CHEMICAL COMPOSITION OF BEE BREAD EXTRACTS	236-237
Research Assistant, PhD Şeyda YANARDAĞ KARABULUT Prof. Dr. Hacı Ali GÜLEÇ Prof. Dr. Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU	APPLICABILITY OF ENCAPSULATED BEE BREAD EXTRACT AS A NATURAL PRESERVATIVE IN DAIRY CREAM	238-239
Merve ÖZTÜRK YILDIRIM Assist. Prof. Dr. Ayşe ÖZTÜRK	AN EXAMINATION OF TOKAT REGION PRINTED TEXTILES WITHIN THE CONTEXT OF COLOR THEORIES AND THEIR SEMANTIC DIMENSIONS	240-254
Prof. Dr. Fatma KOÇ Prof. Dr. Emine KOCA	THE LAYER COMPLEMENTARITY AND VISIBILITY FUNCTION OF CEPKEN AND SIMILAR SHORT OUTERGARMENTS USED IN TURKISH FOLK DRESS	255-268
Prof. Dr. Emine KOCA Prof. Dr. Fatma KOÇ	FORMAL CHARACTERISTICS AND CONTEXTS OF USE IN BURSA YÖRÜK WOMEN'S TRADITIONAL DRESS	269-288
Bessma Hamama Samia Moustaghfir Abdessallam khamouja Sakina El Khattabi	LEARNING NEW WORDS FROM CONTEXT: EXPLORING INCIDENTAL VOCABULARY ACQUISITION THROUGH READING	289
İrem DERELİ Assist. Prof. Dr. Mustafa Serhan ÜNLÜTÜRK	AN OPTIMIZATION METHODOLOGY FOR CLASSROOMS BASED ON USER EXPECTATIONS	290-307
Assist. Prof. Dr. Esra OK ZÖHRA	UPCYCLING OF END-OF-LIFE DENIM TROUSERS AND ZERO-WASTE COLLECTION DESIGN	308-323
Fatma SAFRAN	RELİGİOUS AND SCİENTİFİC LİFE İN THE DESTROYED AND CONVERTED MOSQUES İN ANDALUSİA GEOGRAPHY ACCORDİNG TO HİSTORİCAL SOURCES	324-325
Assist. Prof. Dr. Neşe AYDIN	ARE TURKISH CITIES BECOMING CLEANER? TEMPORAL TRENDS IN PM_{10} CONCENTRATIONS ACROSS 81 PROVINCES OF TÜRKİYE (2017–2025)	326-336
Assist. Prof. Dr. Aysel YAVUZ	THE SHOP WINDOW AS A MICRO-LANDSCAPE: THE ROLE OF NATURE-BASED INSTALLATIONS IN ATMOSPHERE, SPATIAL EXPERIENCE, AND BRAND IDENTITY	337-357
Assist. Prof. Dr. Aysel YAVUZ	ASSESSING ACTIVITY POTENTIAL IN COASTAL LANDSCAPES: THE INTERPLAY OF SPATIAL CHARACTERISTICS, LANDSCAPE FEATURES, AND USER ACTIVITIES	358-373
Ebru TAMBERK Assoc. Prof. Dr. Canan BATUR ŞAHİN	ADVERSARIAL ATTACKS ON DEEP LEARNING MODELS: A CYBERSECURITY VULNERABILITY ANALYSIS IN LITHIUM-ION BATTERIES (NASA, NCA, NCM)	374-385
Assoc. Prof. Dr. Birkan BÜYÜKARIKAN	VINESEGFORMER-CBAM: A SEGFORMER-BASED MODEL INTEGRATING THE CONVOLUTIONAL BLOCK ATTENTION MODULE FOR VINE LEAF SEGMENTATION	386-399

Ufuk BATGA Assoc. Prof. Dr. Yakup YÜREKTÜRK	PRELIMINARY METALLOGRAPHIC EVALUATION OF GI-COATED TBF1180 STEEL JOINED USING DIFFERENT RESISTANCE SPOT WELDING PARAMETERS	400-401
Dr. Emrah MELETLİOĞLU	COMPARATIVE INVESTIGATION OF DIFFERENT WEAR CONDITIONS IN TI-6AL-7NB ALLOY FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS	402-408
Dr. Emin ŞEŞEN Assoc. Prof. Dr. Serdar KIRIŞOĞLU	ETHICS, DATA SECURITY, AND INDIVIDUAL RESPONSIBILITY IN THE PROCESS OF DIGITALIZATION	409-414
Elif DORUKBAŞI Prof. Dr. İlker TÜRKER	EFFECTS OF SEGMENTATION STRATEGIES ON CLASSIFICATION PERFORMANCE AND SEQUENCE LENGTH IN SYMBOLIC ECG REPRESENTATIONS	415-423
Elif DORUKBAŞI Prof. Dr. İlker TÜRKER	ECG26c: MORPHOLOGY-AWARE SYMBOLIC ENCODING OF 12-LEAD ELECTROCARDIOGRAMS	424-434
Dr. Öğr. Üyesi Elif Didem Örs DEMET	TRENDS IN FRUIT AND VEGETABLE CONSUMPTION AND PHYSICAL ACTIVITY USING TÜRKİYE HEALTH SURVEY DATA	435-441
Şener MUTLU Doç. Dr. Sadettin EROL	EFFECTS OF PLYOMETRIC TRAINING ON JUMP PERFORMANCE IN VOLLEYBALL PLAYERS A SYSTEMATIC REVIEW OF CONTROLLED STUDIES, FROM 2020 TO 2026	442-456
Assist. Prof. Dr. Duygu AKTAR REYHANİOĞLU	INVESTIGATION OF DEMOGRAPHIC AND METABOLIC PREDICTORS OF NEUROPATHIC SYMPTOMS IN INDIVIDUALS WITH DIABETES	457-458
Assoc. Prof. Dr. Serdar SOLMAZ Assist. Prof. Dr.Berzan ŞIMŞEK	MINDFULNESS-BASED INTERVENTIONS IN ATHLETES: EFFECTS ON PERFORMANCE AND WELL-BEING	459-471
Assoc. Prof. Dr. Serdar SOLMAZ Assist. Prof. Dr.Berzan ŞIMŞEK	PSYCHOLOGICAL SKILLS TRAINING FOR PERFORMANCE ENHANCEMENT IN ATHLETES: IMAGERY, SELF-TALK AND GOAL SETTING	472-484
Uzm. Fzt. Sinem ÖZYÜN Assist. Prof. Dr.Ceyhun TOPCUOĞLU Prof. Dr. Eylem TÜTÜN YÜMİN	COMPARISON OF RESPIRATORY MUSCLE STRENGTH AND PELVIC FLOOR SYMPTOMS IN WOMEN ACCORDING TO FRAILTY STATUS	485-497
Assoc. Prof. Dr. Reşat Timuçin ÖZKAN	GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SCHOOL MANAGEMENT: A DOCUMENT ANALYSIS OF HUMAN OVERSIGHT AND ETHICAL RESPONSIBILITY	498-499
Assoc. Prof. Dr. E.J.Huseynova	COGNİTİVE IMPAREMENT IN YOUTH AND THE IMPACT OF ITS CORRECTION ON THE DYNAMICS OF SHORT-TERM VISUAL AND AUDITORY MEMORY CAPACITY	500-501
Elmeddin Huseynov	FROM GOALS TO SCHOOL PRACTICES: A COMPARISON OF AZERBAIJAN'S AI IN EDUCATION POLICIES WITH INTERNATIONAL FRAMEWORKS	502-513
Assoc. Prof.Ömer Faruk COŞKUN	EXAMINING ASSOCIATE DEGREE STUDENTS' PERCEIVED FUTURE EMPLOYABILITY LEVELS ACCORDING TO PERSONAL AND ACADEMIC CHARACTERISTICS	514-529
Master's Student Tuğba BEZCIOĞLU Assoc. Prof. Dr. Çiğdem KARATEPE	LEXICAL BUNDLES AND ATTITUDE MARKERS IN APPLIED LINGUISTICS: A CORPUS-DRIVEN ANALYSIS OF TURKISH SCHOLARS' ACADEMIC WRITING	530-544
Sarjan SADIGOVA	ACADEMIC DISCOURSE: LINGUISTIC STRUCTURES AND STRATEGIES OF SCIENTIFIC COMMUNICATION	545-557
Khazratov A.T., Juraeva H.K., Ummatova Yu.I., Mustafina F.U., Abdinazarov S.Kh.	OPTIMIZATION OF IN VITRO MICROPROPAGATION AND RHIZOGENESIS OF PHILADELPHUS L. SPECIES	558-559
Khazratov A.T., Mustafina F.U., Juraeva H.K., Ummatova Yu.I., Abdinazarov S.Kh.	QUERCETIN ACCUMULATION IN CALLUS CULTURES OF INTRODUCED CONIFER SPECIES AND PROSPECTS FOR ITS BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTION	560-561
Mustafina F.U., Khazratov A.T., Akhmedova V.U., Juraeva H.K., Hamraeva D.A.	BREAKTHROUGH BIOTECHNOLOGICAL PLATFORM FOR CONTROLLED IN VITRO PROPAGATION AND MASS CLONAL MULTIPLICATION OF CONIFEROUS SPECIES	562-563
Mustafina F.U., Juraeva H.K., Khazratov A.T., Inoyatova M.H., Abdinazarov S.Kh.	BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF PTELEA TRIFOLIATA L. IN VITRO CULTURES FOR KOKUSAGININE PRODUCTION AND EX SITU CONSERVATION	564-565

Yulduz Ikromjon qizi Ummatova, Hanifabonu Kobul kizi Juraeva,Abbos Tulkin ugli Khazratov,Feruza Usmanovna Mustafina	MINERAL NUTRITION AS A KEY BIOTECHNOLOGICAL FACTOR IN PLANT IN VITRO CULTURE: COMPARATIVE ANALYSIS OF MS, WPM AND DKW MEDIA	566
Ummatova Yu.I., Mustafina F.U	BREAKTHROUGH IN VITRO MICROPROPAGATION TECHNOLOGY FOR THE RARE MEDICINAL PLANT UNGERNIA SEWERTZOWII (REGEL) B.FEDTSCH.	567-568
Ar. Fahrah Khurram, Ar. Nazia Iftakhar, Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti, Prof. Dr. Muhammad Asad Ghufran, Ar. Kabeer Ud Din Naseer,	HARMONIZING SUSTAINABLE PRACTICES: CLIMATE-RESPONSIVE DESIGN IN UNIVERSITY LIBRARIES	569
Saleha Bibi Najam Us Sahar	EARLY IDENTIFICATION OF AUTISM SPECTRUM DISORDER: BARRIERS, OPPORTUNITIES, AND IMPLICATIONS FOR INTERVENTION	570
Christianah Chinenye Aniobi , Morenike Grace Ajayi1 , Barizomdu Tina Pii , Oluseye Gbadebo Olasunkanmi , Olusola David Ogundele , Adebayo Abraham Adaramodu	ASSESSING THE BLEACHING EFFECTIVENESS OF GLUCOSE-BASED ACTIVATED CARBON ON SOYBEAN AND PALM OILS	571
Emmanuel Lamptey	TRENDS IN NEW HIV INFECTIONS AMONG YOUNG PEOPLE (15-24) IN AFRICA: A RETROSPECTIVE COMPARATIVE ANALYSIS FROM 2010-2024	572
Juraeva H.K., Ummatova Y.I., Khazratov A.T., Mustafina F.U., Abdinazarov S.Kh.	BREAKTHROUGH BIOTECHNOLOGICAL APPROACH TO THE IN VITRO PROPAGATION OF MORUS RUBRA L., PTELEA TRIFOLIATA L. AND FORESTIERA NEOMEXICANA A. GRAY	573
Juraeva H.K., Mustafina F.U.	BREAKTHROUGH IN VITRO BIOTECHNOLOGY FOR PROPAGATION AND CONSERVATION OF THE RARE MEDICINAL PLANT UNGERNIA VICTORIS VVED. EX ARTJUSH	574-575
Heni Emawati, Legowo Kamarubayan, Rolly Yulianthi*, Nurina Shar Fina,	INVENTORY AND VERİFİCATİON OF LAND TENURE İN FOREST AREAS (PTKH) AS A BASİC INPUT FOR AGRARİAN REFORM LAND (TORA) ACTİVİTİES	576
Karolina Sherly Orianto , M. Sumaryono 1and Johanes Johny Hang Kueng	INVENTORY OF INTEGRATED TOURİSM POTENTİAL OF PADANG LUWAY NATURE RESERVE WİTH OTHER TOURİSM SİTES İN WEST KUTAİ REGENCY.	577
Astrit Xhemali , Myzafer Kacaj , Eri Stafa , Denis Godaj , Eda Hoti , Xhoana Haliti , RudinDomi , Xheladin Dracini	INCİSİONAL HERNİAS FROM RİSK ASSESSMENT TO INDİVİDUALİZED SURGİCAL MANAGEMENT	578
Bornare Ashwini	ORAL DİSSOLVİNG FİLMS: AN EMERGİNG APPROACH FOR PATİENT-FRİENDLY DRUG DELİVERY	579
Precious Chipuruime Moses , Blessing Jachinma Okonko , Precious Chidinma John-Chika , Hope Chioma Innocent-Adiele , Iheanyi Omezuruike Okonko	PREVALENCE OF HEPATİTİS C VİRUS ANTİBODİES IN HİV-INFECTED INDİVİDUALS ATTENDİNG NEW ERA HOSPİTAL, ABA, ABİA STATE, NİGERİA	580
Reza Sadeghi	USED OF MİCROWAVE İN CONTROLLİNG OF ORYZAEPHİLUS SURİNAMENSİS İN FLAXSEED	581
Reza Sadeghi	USE OF POMEGRANATE PEEL AND WALNUT PEEL ON GALLERİA MELLONELLA BLOOD CELLS WİTH THEİR REPELLENCY AND FUMİGANT TOXİCİTY	582-583
Vatamanita MARIANA Marit ALEXANDRU	STRUCTURAL ORIENTATION OF CONSUMERS IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA TOWARD FOREIGN E-COMMERCE PLATFORMS EMPIRICAL EVIDENCE AND LEGAL IMPLICATIONS	584
Vatamanita MARIANA	AL APPLICATIONS AND MONITORING SYSTEMS IN CONSTRUCTION AND URBAN PLANNING: EUROPEAN PRACTICES AND PROSPECTS FOR THE REPUBLIC OF MOLDOVA	585
Ms. Preeja KS Dr. C. Saravanan	SCREEN TIME, SLEEP QUALITY AND ACADEMIC PRODUCTIVITY: A HEALTH ECONOMICS PERSPECTIVE	586
PhD student. Van To Huu NGUYEN	CLIMATE CHANGE AND HEALTH PROTECTION IN VIETNAM: LEGAL CHALLENGES AND POLICY DIRECTIONS	587

Irwanto, Amin Slamet, Viony Calistha Joana	FORMS OF STUDENTS' LANGUAGE POLICY TOWARDS LECTURERS AT THE UNIVERSITY OF 17 AGUSTUS 1945 SAMARINDA: A SOCIOPRAGMATIC STUDY	588
Deboleena Bhattacharya	NAVİGATİNG THE INTERFACE OF REGİONAL POLİCİES AND INTERNATİONAL STANDARDS: A COMPARATİVE LEGAL ANALYSİS OF HUMAN RİGHTS DOCUMENTATİON İN KASHMİR	589
Ekawati , Abdul Rokhim, Ibrahim Adianto	THE LEGAL POSITION OF WOMEN İN MARRIAGE AGREEMENTS FOLLOWING THE REVISION OF THE MARRIAGE LAW	590
Prof. Dr. Deilton RIBEIRO BRASIL	THE NATURAL JUDGE PRINCIPLE AMIDST THE TIME OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI): CONSTITUTIONAL SAFEGUARDS AND THE LIMITS OF AUTOMATED ADJUDICATION IN BRAZIL	591-603
Wubon Hebrews Isaac Dr Ubong Andem Obong Dr Oberiri Destiny Apuke Dr Peter Iorper Ugondo	PROBABİLİTY AND NON-PROBABİLİTY SAMPLİNG TECHNİQUES İN COMMUNİCATİON RESEARCH: PRİNCİPLES, APPLİCATİONS AND METHODOLOGİCAL IMPLİCATİONS	604-620
Seghir Abdelfettah , Terki Mohammed , Laoufi Hind , Rabahi Fatouma	EVALUATİON OF THE ANTİBİOFİLM ACTİVİTY OF THYME ESSENTİAL OİL AGAİNST ORAL MİCROORGANİSMS İN CHİLDREN İN THE MAGHNİA REGİON	621
Salome Giorgadze	SMALL STATES AND THE UNİTED NATİONS: GEORGİA'S USE OF MULTİLATERAL DİPLOMACY	622-637
Oluwanifemi Opeyemi AGOI Moses Adeolu AGOI Akinyemi Edward AIYEGBUSI Oluwadamilola Peace AGOI	ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND GENOMIC DATA ANALYTICS FOR PERSONALISED DIETARY RECOMMENDATIONS: ADVANCING PRECISION NUTRITION, INDIGENOUS FOOD SYSTEMS, AND FOOD SECURITY IN NIGERIA	638-648
Shehu, Bilyaminu Sarki Samirah Rabiu	AFRICAN AESTHETICS IN SELECTED YORUBA FILMS: A STUDY OF EFUNSETAN ANIWURA (2005)	649
Chiagoziem Blaise Charles	TRENDS AND DETERMINANTS OF ROUTINE CHILDHOOD VACCINATION COVERAGE IN NIGERIA: A SECONDARY ANALYSIS OF NDHS DATA 2013–2024	650
Dr. Raf Raf Shakil Ansari Chitrisha Paul	THE RETURN OF PLANETARY AGENCY: A POSTHUMAN READİNG OF THE DAY AFTER TOMORROW	651
Joy Lot Mangbon Dr Ubong Andem Dr Oberiri Destiny Dr Peter Iorper Ugondo	SURVEY RESEARCH DESİGN: APPLİCATİON OF CROSS-SECTİONAL AND LONGİTUDİNAL DESİGNS İN COMMUNİCATİON STUDİES	652-659
PhD. Student Elena Denisa MATEEVICI Assoc. Prof. Dr. Ivona RĂPAN PhD. Anca CRISTEA Teacher Cătălin NECULCEA	COMMUNICATION CHANNELS AND OUTREACH STRATEGIES FOR RECRUITING VULNERABLE GROUPS IN ROMANIAN SOCIAL ENTERPRISES	660-676
Dr Irfan Bashir Ms Eman Haider Mr Rehmatullah Prof Dr Yasira Waqar Prof Dr Mumtaz Akhter Dr Afshan Naseem Dr Aisha Sami	EFFECTİVENESS OF MANDATORY ENTREPRENEURİAL COURSES AT UNDERGRADUATE LEVEL İN PAKİSTAN	677
Prof. Dr. Roxana Moisoiu Prof. Colegiul German	BETWEEN SECURİTY, POVERTY, AND ARTİFİCİAL INTELLİGENCE: LEGAL AND SOCİOECONOMİC CHALLENGES İN THE CONTEMPORARY WORLD	678-679
Prof. Dr. Roxana Moisoiu Prof. Colegiul German	ARTİFİCİAL INTELLİGENCE – BENEFİCİAL OR HARMFUL TO HUMANİTY? CHALLENGES, OPPORTUNİTİES AND ETHİCAL BOUNDARİES	680-681
Dada, Adeshola Mercy Ahmad, Baba Muhammad, PhD Nahshon, Maureen Idris, Ahmed Garba	GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ACADEMIC RESEARCH: EXAMINING THE CHALLENGES OF UNVERIFIED INFORMATION AND FALSE KNOWLEDGE PRODUCTION AMONG UNIVERSITY RESEARCHERS IN NORTH EAST NIGERIA	682

NGUY Ngoc Anh	ENVIRONMENTAL PROTECTION TAXATION ON FOSSIL FUELS IN VIETNAM	683
Iyiola Grace Imoleayo 1 , Adekola Saheed Ayodeji 2 , Adekola Sodiq Adetunji	AWARENESS, KNOWLEDGE, PREVENTION AND CONTROL PRACTICES REGARDING NEGLECTED TROPICAL DISEASES AMONG RESIDENTS OF BWARI AREA COUNCIL, NIGERIA	684
Abdelhakim Fadil, PhD Student	DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE NATURAL FIBER-REINFORCED GEOPOLYMER COMPOSITES USING INDUSTRIAL BY-PRODUCTS	685
Doc. Ikram Afouzar Prof. Dr. Youssef Bensmail	INFLUENCE OF HYGROTHERMAL AGING ON THE MECHANICAL BEHAVIOR OF A NEW ALFA/POLYPROPYLENE (PP) BIOCOMPOSITE	686
Fatima Charboub , Abdallah Albourine, Rachid Ait Akbour	HYBRID WATER REMEDIATION USING BIOCHAR AND GREEN-SYNTHESIZED ZNO/CUO NANOCOMPOSITE DERIVED FROM EUCALYPTUS CAMALDULENSIS	687-688
Le Thi Thanh Xuan* and Pham Hong Khang Trang	AN EXPLORATION OF RESISTANCE TO RETURN TO HOMETOWN AFTER GRADUATION - A STUDY EMPLOYING MEAN-END CHAIN THEORY AND LADDERING INTERVIEW APPROACH	689
Dr.Mahalaxmi	IMPACT OF SORET AND DUFOUR EFFECTS ON HEAT AND MASS TRANSFER OF HYBRID NANOFLUIDS IN MAGNETIZED ARTERIAL STENOSIS	690
J.RUPAVATHI CHRISTINA Dr.R.DEVI Dr.R.SRINIVASAN	DESIGN AND OPTIMIZATION OF ONDANSETRON ORODISPERSIBLE FILMS USING A 3^2 FACTORIAL DESIGN	691
Niblin Niknash A N	WHAT THE TELLING REVEALS: NARRATIVE ANALYSIS ACROSS DISCIPLINES, WITH ISHIGURO'S THE REMAINS OF THE DAY	692
Prof. Asoc. Genta Nallbani Anisa Cenaj	PHYSICAL ACTIVITY AND THE PROGRESSION OF CHRONIC KIDNEY DISEASE: A NARRATIVE REVIEW OF OBSERVATIONAL AND INTERVENTIONAL EVIDENCE	693-704
Silakhudin	THE CONSTRUCTION OF EDUCATION IN THE ERA OF MUHAMMAD' PROPHETY (A STUDY OF ISLAMİC EDUCATİONAL PRACTİCES)	705
Nodar Sulashvili , Nato Alavidze , Ketevani Gabunia ,Diego Rada Fernandez de Jauregui , Maka Buleishvili , Lali Patsia , Ada (Adel) Tadevosyan , Vira Kravchenko , Olga Shapoval , Marika Sulashvili, Nana Gorgaslidze , Marina Giorgobiani , Igor Seniuk , Nino Abuladze , Tamar Okropiridze , David Aphkhazava	THE EPİSTEMOLOGİCAL AND TRANSLATİONAL DİSCOURSE ON THE MULTİDİMENSİONAL CONVERGENCE OF CLİNİCAL EVİDENCE, PHARMACOLOGİCAL SCİENCES, CANCER BİOLOGY, MOLECULAR GENOMİCS, PRECİSİON ONCOLOGY, THERAPEUTİC PHARMACOLOGY, TRANSFORMATİVE BİOMEDİCAL RESEARCH, TİSSUE AND ORGAN RECONSTİTUTİON, IMMUNOLOGİC THERAPEUTİCS, MOLECULARLY TARGETED INTERVENTİONS, ADVANCED CELLULAR MEDİCİNE, PRECİSİON GENOME ENGİNEERİNG, BİOMARKER-DRİVEN DİAGNOSTİC AND PROGNOSTİC STRATİFİCATİON, INDİVİDUALİZED THERAPEUTİC DECİSİON-MAKİNG, INNOVATİVE THERAPEUTİC PLATFORMS, AND STEM-CELL–BASED REGENERATİVE BİOMEDİCİNE	706-709
Nodar Sulashvili , Margarita Beglaryan , Diego Rada Fernandez de Jauregui , Marika Sulashvili , Nana Gorgaslidze , Marina Giorgobiani , Ada (Adel) Tadevosyan , Ketevani Gabunia , Olga Shapoval , Lali Patsia, Vira Kravchenko , Giorgi Pkhakadze , Igor Seniuk , Nino Abuladze , Lela Grigolia , Kakhaber Robakidze , David Aphkhazava , Zaza Khachiperadze	THE HOLİSTİC SCİENTİFİC INTERPRETATİON OF NON-PHARMACOLOGİCAL AND PHARMACOLOGİCAL TREATMENT FRAMEWORK OF RİB FRACTURES: THE PHARMACOTHERAPEUTİC ARMAMENTARİUM, MEDİCİNAL PRODUCT CLASSİFİCATİON, CLİNİCAL PHARMACOLOGY, PHARMACODYNAMİCS, PHARMACOKİNETİCS, EVİDENCE-BASED PHARMACOTHERAPY, ADVERSE DRUG REACTİONS, DRUG TOXİCİTY, PHARMACOVİGİLANCE, PHARMACOSAFETY, CLİNİCAL OUTCOMES AND THERAPEUTİC OPTİMİZATİON AND RECOVERY	710-712
Nodar Sulashvili , Nato Alavidze , Ketevani Gabunia ,Diego Rada Fernandez de Jauregui , Maka Buleishvili ,Lali Patsia , Ada (Adel) Tadevosyan , Vira Kravchenko , Olga Shapoval ,Marika Sulashvili , Nana	AN INTEGRATED SCİENTİFİC INVESTİGATİON OF MEDİCATİON SAFETY SURVEİLLANCE AND MULTİDİMENSİONAL PHARMACOTHERAPEUTİC RİSK EVALUATİON IN SUBSTANCE USE DİSORDER MANAGEMENT: CLİNİCAL EFFECTİVENESS, ADVERSE EVENT PREVENTİON, INDİVİDUALİZED TREATMENT	713-715

TENSILE BEHAVIOR AND POST-FAILURE APPEARANCE OF HEMP/POLYMER HYBRID YARNS PRODUCED BY AIR INTERLACING AND HOLLOW-SPINDLE WRAPPING

NADA OSMAN ORSOD
Bursa Uludağ Üniversitesi - star10491@gmail.com- ORCID ID 0009-0002-6209-2281
Prof.Dr.ERHAN KENAN ÇEVEN
Bursa Uludağ Üniversitesi - rceven@uludag.edu.tr - ORCID ID 0000-0003-3283-4117
Prof.Dr.MEHMET KARAHAN
Bursa Uludağ Üniversitesi - mkarahan@uludag.edu.tr - ORCID ID 0000-0003-3915-5598

ABSTRACT

Hemp is a strong, sustainable fibre, but textiles often require polymer filaments. This study compared 50:50 hemp/polymer yarns made with polypropylene (PP), bio-based PET (Bio-PET) and recycled PET (rPET), each produced by air interlacing and hollow-spindle wrapping. Tensile tests used 250 mm/min and a 250 mm gauge length (n = 10 per yarn; mean ± SD). First-peak force, elongation at first-peak force and tenacity were analysed by two-way ANOVA, Tukey's HSD and Bonferroni-corrected simple-effects comparisons; curves were examined qualitatively.

All yarns failed in two stages: hemp fractured first, then the polymer carried load until failure. Polymer type significantly affected first-peak force ($p < 0.001$, partial $\eta^2 = 0.49$), tenacity ($p < 0.001$) and elongation; rPET showed the highest elongation (6.0–6.4%) and Bio-PET the lowest force (16.7–17.5 N). Production method had a significant main effect on force ($p = 0.031$) but no statistically significant main effect on tenacity ($p = 0.054$) or elongation ($p = 0.54$). Polymer × method interactions were significant for force ($p = 0.002$) and tenacity ($p = 0.001$). Simple effects showed the method effect on force was significant only in PP yarns, which exhibited higher first-peak forces when air-interlaced (21.5 ± 2.1 N) than hollow-spindle wrapped (18.4 ± 1.2 N). Mean curves suggested method-dependent residual force and final elongation, with polymer ranking reversing; hemp and polymer mostly separated following hemp rupture in air-interlaced but not hollow-spindle yarns.

Polymer type was the main factor affecting the first peak, whereas yarn structure appeared to influence load transfer after hemp rupture.

Keywords: hemp, hybrid yarns, air interlacing, hollow-spindle wrapping, recycled PET, tensile behavior.

1. Introduction

Hemp is a strong, sustainable cellulosic fibre with a high intrinsic tenacity (about 45 cN/tex) compared with many other fibres (Okyay et al., 2023), but textile and composite uses often require its combination with polymer filaments. Hybrid yarns can be produced by methods that

differ in how the components are held together. In air interlacing, the components are entangled by an air jet, so load transfer relies on friction and mechanical interlocking. In hollow-spindle wrapping, a polymer yarn is wound helically around a core; wrapping has been reported to increase cohesion between fibres (Laqraa et al., 2021) and can lock the core during stretching, allowing it to break repeatedly (Alshukur & Stylios, 2022). The type of wrapping yarn also influences tenacity and elongation (Çeven & Aytaş, 2016).

Polypropylene (PP) is a common multifilament, while recycled PET (rPET) and bio-based PET (Bio-PET) are of interest as more sustainable alternatives. How the polymer type and the yarn structure together affect the tensile behaviour and failure of hemp-based hybrid yarns is still not well understood. The aim of this study was therefore to compare six hemp/polymer yarns (three polymers × two production methods) by statistical analysis of their first-peak behaviour and by a qualitative description of their force–extension curves and post-failure appearance.

2. Materials and Methods

2.1. Materials and yarn production

Hemp yarn was combined with PP, Bio-PET and rPET multifilament yarns at a hemp-to-polymer ratio of 50:50. Each combination was produced by air interlacing and by hollow-spindle wrapping, with the hemp as the core and the polymer as the wrapping yarn, giving six yarns (Table 1). The hybrid yarns were manufactured at Elvin Factory, Türkiye.

Table 1. Specifications of the hemp/polymer hybrid yarns.

Yarn	Production method	Linear density (tex)	Hemp:polymer ratio
Hemp/PP	Air interlacing	73.56	50:50
Hemp/PP	Hollow-spindle	73.56	50:50
Hemp/Bio-PET	Air interlacing	72.44	50:50
Hemp/Bio-PET	Hollow-spindle	71.56	50:50
Hemp/rPET	Air interlacing	73.89	50:50
Hemp/rPET	Hollow-spindle	73.44	50:50

2.2. Tensile testing

Tensile tests were performed on 10 specimens per yarn at a crosshead speed of 250 mm/min and a gauge length of 250 mm. For each specimen, the maximum force at the first peak (first-peak force), the elongation at that force (%) and the tenacity (force divided by linear density, cN/tex) were recorded. The force–extension curves were averaged over the 10 replicates, and the residual force after the load drop, the second-stage peak and the final elongation (mm) were read from the mean curves. The broken specimens were photographed after testing. The tensile testing machine used in this study is shown in Figure 1.



Figure1. Tensile testing machine

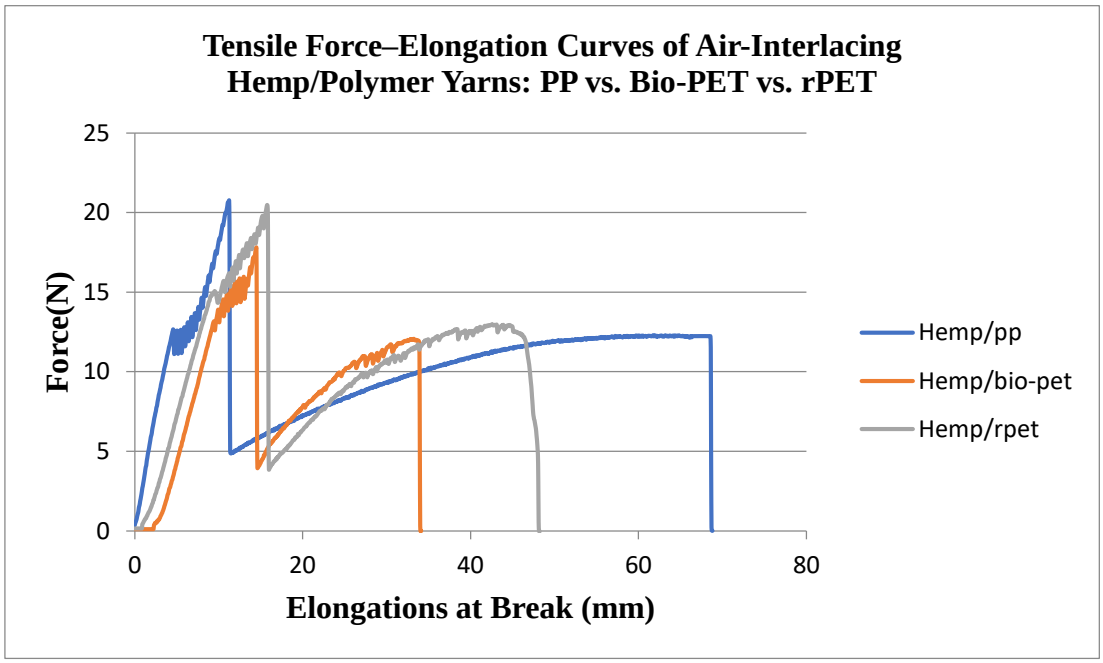
2.3. Statistical analysis

First-peak force, elongation at the first peak and tenacity of the individual specimens (n = 60) were analysed by two-way ANOVA with polymer type and production method as fixed factors, with partial η^2 (ηp^2) as effect size, followed by Tukey's HSD test at the 5% level. The residuals were normally distributed (Shapiro–Wilk, p = 0.08–0.26) and the variances were homogeneous (Levene, p = 0.40–0.58). Because the interaction was significant, the effect of the method within each polymer was tested by Welch's t-test with Bonferroni correction (three comparisons). Results are reported as mean ± standard deviation (SD). Values read from the mean curves were not analysed statistically.

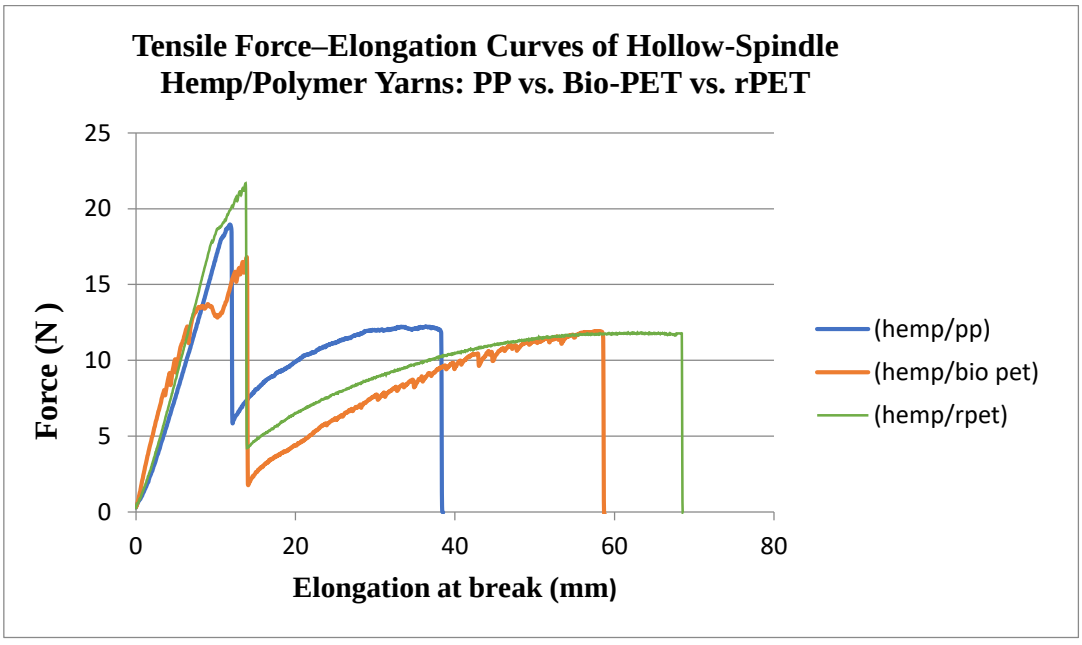
3. Results and Discussion

3.1. Failure behaviour and post-failure appearance

All six yarns showed a two-stage response (Figure 2): a steep rise to a first peak, where the hemp broke with an audible cracking sound; a sharp load drop; and a second, polymer-dominated stage with a peak force of ~11.7–12.7 N before final rupture (Table 4). This sequence agrees with the failure of hybrid yarns in which the core breaks first and the load is then carried by the second component (Rossettos & Muftu, 2003).



a) Air interlacing



(b) Hollow-spindle

Figure 2. Force–extension curves of hemp/PP, hemp/Bio-PET and hemp/rPET yarns produced by (a) air interlacing and (b) hollow-spindle wrapping (mean of 10 replicates).

In the air-interlaced yarns (Figure 3a–c), the hemp and the polymer mostly separated after rupture. In hemp/PP, the PP continued to elongate, and the upper part hung in a zigzag shape with a gap above a mass of material at the lower jaw, which is consistent with elongation of PP followed by recoil. In hemp/Bio-PET, the polymer thinned into fine, hair-like filaments stretched between the jaws, and a thin strand kept the two parts connected. In hemp/rPET, the

upper part was short, twisted and crimped, with a spiky mass at the lower jaw and a clear gap between them; failure occurred within the gauge length.

In the hollow-spindle yarns (Figure 3d–f), the wrapping polymer stayed wound around the hemp after rupture. Hemp/PP showed a knobby upper strand ending in a fine tip with a gap beyond it; hemp/Bio-PET showed a knotty mass at the middle followed by a thin strand reaching the lower jaw, so complete separation did not occur; and hemp/rPET showed a wavy upper part with a knobby bulge, a large gap and a short raised stub at the lower jaw. The waviness may reflect coiling of the rPET filaments after rupture.

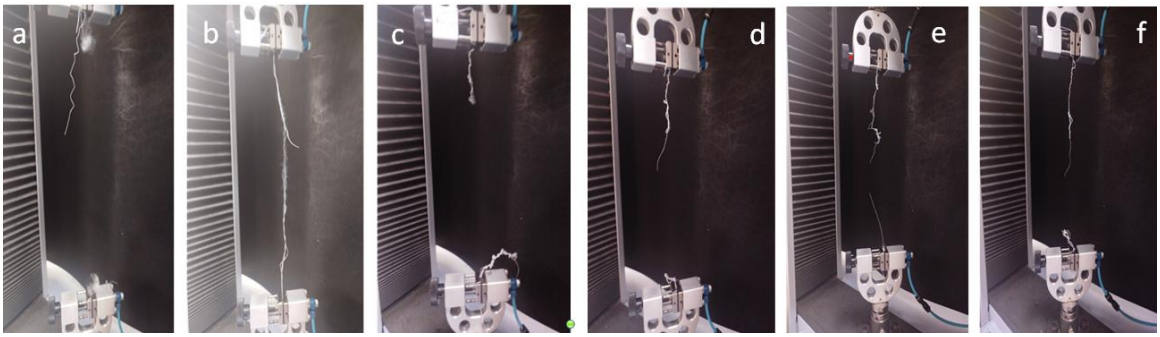


Figure 3. Post-failure appearance of (a–c) air-interlaced and (d–f) hollow-spindle hemp/polymer yarns after tensile testing.

3.2. First-peak force, elongation and tenacity

Polymer type had a large effect on all three first-peak properties (Tables 2). First-peak force ranged from 16.7 to 21.5 N, with hemp/Bio-PET lowest in both structures and hemp/PP (air interlacing) and hemp/rPET (hollow-spindle) highest, and tenacity followed the same order (23.3–29.3 cN/tex). Hemp/rPET also reached the first peak at the highest elongation (6.0–6.4% vs 4.2–4.8%). Because hemp is common to all yarns and breaks first, the first peak is expected to be governed largely by hemp, but the strong polymer effect shows that the polymer also shares the load before the hemp ruptures.

Table 2. First-peak force, elongation at the first peak and tenacity of the hemp/polymer yarns (mean ± SD, n = 10). Different letters within a column indicate significant differences (Tukey's HSD, $p < 0.05$).

Yarn	Method	First-peak force (N)	Elongation at first peak (%)	Tenacity (cN/tex)
Hemp/PP	Air interlacing	21.54 ± 2.13 a	4.69 ± 0.62 b	29.29 ± 2.90 a
Hemp/PP	Hollow-spindle	18.43 ± 1.17 bc	4.81 ± 0.76 b	25.06 ± 1.59 bc
Hemp/Bio-PET	Air interlacing	17.47 ± 1.68 c	4.28 ± 0.91 b	24.12 ± 2.32 c
Hemp/Bio-PET	Hollow-spindle	16.68 ± 1.47 c	4.21 ± 0.75 b	23.30 ± 2.03 c
Hemp/rPET	Air interlacing	20.24 ± 1.44 ab	6.00 ± 0.83 a	27.40 ± 1.95 ab
Hemp/rPET	Hollow-spindle	21.21 ± 2.12 a	6.35 ± 1.01 a	28.88 ± 2.89 a

Table 3. Two-way ANOVA (p-values)

Source	Force	Tenacity	Elong.
Polymer	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Method	0.031	0.054	0.540
Interaction	0.002	0.001	0.721

The production method had a small main effect on first-peak force ($p = 0.031$), a borderline effect on tenacity ($p = 0.054$) and none on elongation ($p = 0.540$). The significant polymer × method interaction for force ($p = 0.002$) and tenacity ($p = 0.001$) showed that the effect of the method depended on the polymer. Within each polymer, the method changed the first-peak force significantly only for hemp/PP (21.5 vs 18.4 N, Bonferroni-corrected $p = 0.004$; tenacity 29.3 vs 25.1 cN/tex, $p = 0.004$), whereas the differences for hemp/Bio-PET (17.5 vs 16.7 N, $p = 0.84$) and hemp/rPET (20.2 vs 21.2 N, $p = 0.75$) were not significant. For two of the three polymers, the first peak was therefore independent of the method, in line with the first peak being governed largely by hemp and with the report that wrapping PA11 filament around hemp roving did not significantly raise its tenacity (Laqraa et al., 2021).

3.3. Behaviour after the first peak

After the first peak, the production method had a clear influence (Figures 1 and 2, Table 4). The residual force was ~4 N in all air-interlaced yarns, but ranged from ~1.5 N (hemp/Bio-PET) to ~5.5 N (hemp/PP) in the hollow-spindle yarns. The ranking of the polymers by final elongation reversed between methods: PP extended most and Bio-PET least in the air-interlaced yarns (~61 vs ~33 mm), whereas rPET extended most and PP least in the hollow-spindle yarns (~68 vs ~38 mm). This suggests that the effect of the polymer depends on the yarn structure, in agreement with the influence of the wrapping-yarn type on tenacity and elongation (Çeven & Aytaş, 2016). The long extension of PP in the air-interlaced yarn is in line with the behaviour of PP multifilament yarns, which extend markedly beyond the second yield point with little increase in stress (Vitkauskas et al., 2005), and the longer extension of rPET relative to Bio-PET may be consistent with the higher elongation at break reported for recycled PET fibres (Shafaei & Golshan Ebrahimi, 2007), although virgin PET was not included here.

Table 4. Characteristics read from the mean force–extension curves (approximate values; not statistically analysed).

Yarn	Method	Residual force (N)	Second-stage peak (N)	Final elongation (mm)
Hemp/PP	Air interlacing	~4	~11.7	~61
Hemp/PP	Hollow-spindle	~5.5	~12.5	~38
Hemp/Bio-PET	Air interlacing	~4	~11.8	~33
Hemp/Bio-PET	Hollow-spindle	~1.5	~12.3	~59
Hemp/rPET	Air interlacing	~4	~12.7	~47
Hemp/rPET	Hollow-spindle	~4.5	~12.3	~68

The results are consistent with different load-transfer mechanisms. In the air-interlaced yarn, the components are held by entanglement, a relatively weak lateral bond; once the hemp breaks, the components slide over one another and the polymer carries the load independently and breaks at a different position, leaving the components apart. In the hollow-spindle yarn, the wrapping polymer presses laterally on the core, and the resulting friction may hold the broken core ends inside the sheath, so the structure does not disintegrate and the load passes to the sheath once its turns have straightened (Alshukur & Stylios, 2022). This may explain the deeper drop and longer second stage of hemp/Bio-PET and hemp/rPET in the hollow-spindle structure, but not the lower elongation of PP, whose cause remains open (wrapper geometry and tension, filament fineness and draw state are possible contributors).

4. Conclusions

(1) All six hemp/polymer yarns failed in two stages: the hemp broke first and the polymer then carried the load until collapse. (2) Polymer type significantly affected first-peak force, tenacity and elongation at the first peak (ηp^2 = 0.43–0.52), with hemp/Bio-PET the lowest and hemp/rPET the highest in elongation. (3) The production method affected the first peak only in the PP yarns, which were stronger when air-interlaced (21.5 ± 2.1 vs 18.4 ± 1.2 N, $p = 0.004$), as shown by the significant polymer × method interaction. (4) After the first peak, the structure governed the behaviour: the polymer ranking by final elongation reversed between methods, and the components mostly separated in the air-interlaced yarns but remained together in the hollow-spindle yarns.

Acknowledgements

This work was supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit (BAP) of Bursa uludag university, Project No. 2122.

References

Alshukur, M., & Stylios, G. (2022). Engineering the geometry of novel yarns for flexible, hybrid composites Part I: Multiple breaks. *Journal of Composite Materials, 56*(10), 1577–1589. https://doi.org/10.1177/00219983221080502

Çeven, E. K., & Aytaş, H. (2016). Investigation of tensile and stiffness properties of composite yarns with different parameters. *Fibres & Textiles in Eastern Europe, 24*(4), 51–58.

Laqraa, C., Ferreira, M., Labanieh, A. R., & Soulat, D. (2021). Elaboration by wrapping process and multiscale characterisation of thermoplastic bio-composite based on hemp/PA11 constituents. *Coatings, 11*(7), 770. https://doi.org/10.3390/coatings11070770

Okyay, G., Demiryürek, O., Ertek Avcı, M., & Bilgiç, H. (2023). Development and characterization of hemp-containing hybrid yarns for clothing. *Cellulose Chemistry and Technology, 57*(1–2), 193–206.

Rossettos, J., & Muftu, S. (2003). *Experimental investigation of slip and strength characteristics of hybrid yarns* (Report No. ADA413075). Defense Technical Information Center.

Shafaei, S., & Golshan Ebrahimi, N. (2007). Polymer fibers production from blend of recycled PET bottles and PP. *Iranian Journal of Polymer Science and Technology, 20*(1), 49–58.

Vitkauskas, A., Miglinaitė, R., Vesa, P., & Puolakka, A. (2005). Mechanical properties of polypropylene multifilament yarns in dependence of their drawing ratio. *Materials Science (Medžiagotyra), 11*(4).

TD-GMT: CWRU VERİ SETİNDE KAYIT DÜZEYİNDE ÇAPRAZ DOĞRULANAN ÜÇ ALANLI, KAPILI VE ÇOK ÖLÇEKLİ TRANSFORMER İLE RULMAN ARIZA TEŞHİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Eyyüp AKCAN
Siirt University, Vocational School of Technical Sciences, Siirt, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-4133-4344

ÖZET

Rulman arıza teşhisinde yüksek doğruluk kadar, eğitim ve test kayıtlarının bağımsızlığı ve gürültü altındaki dayanıklılık da önem taşımaktadır. Bu çalışmada, dalga biçimi, genlik spektrumu ve zarf spektrumunu birlikte öğrenen üç alanlı, kapılı ve çok ölçekli Transformer modeli TD-GMT önerilmiştir. Modelde, üç paralel evrişim kolundan çıkarılan özellikler belirteç düzeyinde kapılı birleştirmeyle bütünleştirilmiş; arıza türü, arıza şiddeti ve motor yükü tahminleri için belirsizlik ağırlıklı çok görevli öğrenme kullanılmıştır. CWRU veri setindeki 60 tahrik ucu dosyasından 47 benzersiz kayıt belirlenmiş ve veri sızıntısı riskini azaltmak amacıyla kayıt düzeyinde, sınıf dağılımı korunmuş beş katlı çapraz doğrulama uygulanmıştır. TD-GMT, 1024, 2048 ve 4096 örneklik pencerelerde sırasıyla %99,74 ± 0,36, %98,67 ± 2,98 ve %98,85 ± 2,37 doğruluk elde etmiştir. En yüksek makro F1-skoru, 1024 örneklik pencerede %99,79 ± 0,30 olarak bulunmuştur. Hatalar iç bilezik sınıfında yoğunlaşırken, tüm pencere uzunluklarında AUC yaklaşık 1,000 düzeyindedir. Ablasyon deneylerinde, 2048 örneklik pencere ve 0 dB SNR koşulunda tam model; Transformer, kapılı birleştirme ve çok görevli öğrenmenin çıkarıldığı varyantlardan sırasıyla 14,10, 14,49 ve 10,09 yüzde puan daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Bununla birlikte, temiz sinyallerde bazı sadeleştirilmiş varyantlar daha başarılı olmuş ve genlik spektrumu kolunun ek katkısı açıkça gösterilememiştir. Bulgular, TD-GMT'nin yüksek teşhis başarısını ve belirli bileşenlerinin gürültü dayanıklılığına katkısını ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Rulman arıza teşhisi; CWRU; kayıt düzeyinde çapraz doğrulama; Transformer; gürültü dayanıklılığı.

TD-GMT: A THREE-DOMAİN GATED MULTİSCALE TRANSFORMER FOR BEARİNG FAULT DİAGNOSİS WİTH RECORD-LEVEL CROSS-VALİDATİON ON CWRU

ABSTRACT

Reliable bearing fault diagnosis requires not only high classification accuracy but also independence between training and test recordings and robustness to noise. This study proposes TD-GMT, a Tri-Domain Gated Multi-scale Transformer that jointly learns from vibration waveforms, amplitude spectra, and envelope spectra. Features extracted through three parallel multi-scale convolutional streams are integrated using token-wise gated fusion. Uncertainty-

weighted multi-task learning supports fault-type, fault-severity, and motor-load prediction. From 60 drive-end files in the CWRU dataset, 47 unique recordings were identified, and recording-level stratified five-fold cross-validation was applied to reduce data leakage. TD-GMT achieved accuracies of 99.74 ± 0.36%, 98.67 ± 2.98%, and 98.85 ± 2.37% for window lengths of 1024, 2048, and 4096 samples, respectively. The highest macro F1-score, 99.79 ± 0.30%, was obtained with 1024-sample windows. Errors were concentrated in the inner-race class, while AUC values were approximately 1.000 across all window lengths. Ablation experiments using 2048-sample windows at 0 dB SNR showed that the complete model exceeded variants without the Transformer, gated fusion, and multi-task learning by 14.10, 14.49, and 10.09 percentage points in accuracy, respectively. However, some simplified variants performed better on clean signals, and the additional benefit of the amplitude-spectrum stream was not clearly demonstrated. These findings highlight TD-GMT's high diagnostic performance and the contribution of specific architectural components to noise robustness.

Keywords: Bearing fault diagnosis; CWRU; recording-level cross-validation; Transformer; noise robustness.

1. GİRİŞ

Rulmanlar, döner makinelerde milleri destekleyen, yükleri taşıyan ve sürtünmeyi azaltan temel makine elemanlarıdır. İç bilezik, dış bilezik ve yuvarlanma elemanlarında oluşan kusurlar; titreşim artışına, performans kaybına ve beklenmeyen duruşlara neden olabilmektedir. Bu nedenle güvenilir rulman arıza teşhisi, ekipman sürekliliği ve kestirimci bakım açısından önem taşımaktadır. Ancak titreşim sinyallerinin durağan olmayan yapısı, çalışma koşullarındaki değişimler ve çevresel gürültüler, arıza özelliklerinin ayırt edilmesini güçleştirmektedir (Chen et al., 2026; Zhang et al., 2026).

Derin öğrenme yöntemleri, titreşim sinyallerinden özellikleri otomatik öğrenerek arıza teşhisinde yaygınlaşmıştır. Özellik fazlalığını ve sınıf dengesizliğini azaltmak amacıyla evrişimsel ağları özellik seçimiyle bütünleştiren yaklaşımlar geliştirilmiştir (Chen et al., 2026). Çok ölçekli evrişim, Kolmogorov–Arnold ağı, Transformer ve LSTM bileşenlerinin birleştirilmesiyle yerel örüntüler ve uzun menzilli bağımlılıklar birlikte modellenmiştir (Zhang et al., 2026). Otonom su altı araçlarının teşhisinde ise yerel ve küresel dikkat mekanizmaları çevrim içi uyarlamayla desteklenmiştir (Xu et al., 2026). Gürültülü rulman sinyallerinde uyarlamalı zaman-frekans iyileştirmesi ve çapraz dikkat tabanlı uzamsal-zamansal özellik birleştirme kullanılması da tamamlayıcı temsillerin önemini göstermektedir (Li et al., 2026).

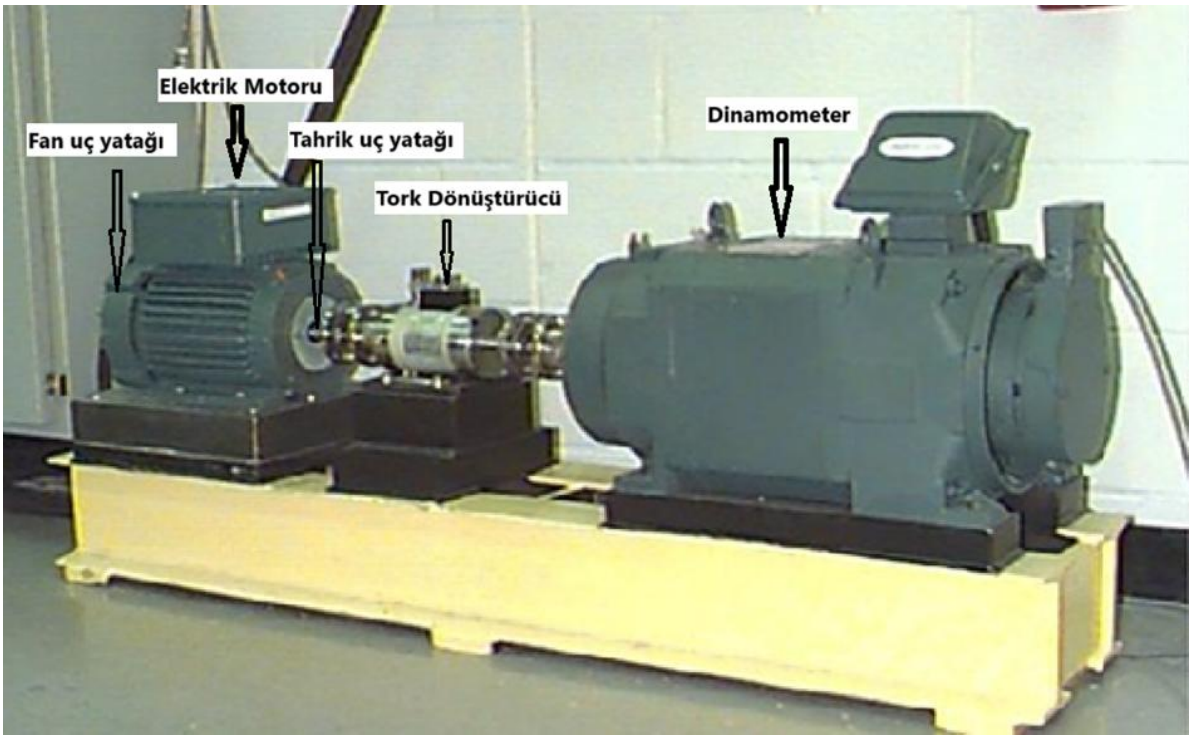
Yüksek doğruluk değerlerinin güvenilir biçimde yorumlanabilmesi, eğitim ve test verilerinin bağımsızlığını gerektirir. CWRU veri setinde aynı kayıttan üretilen örtüşen pencerelerin farklı kümelere dağıtılması veya yinelenen kayıtların bağımsız değerlendirilmesi, veri sızıntısına yol açabilir. Bu çalışmada, 60 tahrik ucu dosyasından 47 benzersiz kayıt belirlenmiş; 1024, 2048 ve 4096 örneklik pencereler için kayıt düzeyinde, sınıf dağılımı korunmuş beş katlı çapraz doğrulama uygulanmıştır. Adil karşılaştırma amacıyla bütün modellerde aynı veri katları kullanılmıştır.

Bu çerçevede, dalga biçimi, genlik spektrumu ve zarf spektrumunu birlikte öğrenen üç alanlı, kapılı ve çok ölçekli Transformer modeli TD-GMT önerilmektedir. Model, tamamlayıcı temsilleri belirteç düzeyinde kapılı birleştirmeyle bütünleştirmekte; arıza türü, arıza şiddeti ve yük tahminlerini belirsizlik ağırlıklı çok görevli öğrenmeyle gerçekleştirmektedir. Önerilen yaklaşımın katkısı, temiz sinyallerdeki karşılaştırmalar ve gürültü altındaki ablasyon deneyleriyle değerlendirilerek mimarinin güçlü yönleri ve sınırlılıkları ortaya konulmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Veri Seti

Bu çalışmada, rulman arıza teşhisinde yaygın kullanılan, açık erişimli Case Western Reserve University (CWRU) Rulman Veri Merkezi verileri kullanılmıştır (Singh, 2025; Liang vd., 2025). Şekil 1'deki deney düzeneği; elektrik motoru, enkoderli tork dönüştürücü ve dinamometreden oluşmaktadır. Titreşimler, yatak gövdeleri ve motor tabanına yerleştirilen piezoelektrik ivmeölçerlerle ölçülmüştür. Çalışmada yalnızca 12 kHz örnekleme frekansına sahip tahrik ucu titreşim kanalı değerlendirilmiş, 48 kHz kayıtları kapsam dışında tutulmuştur.



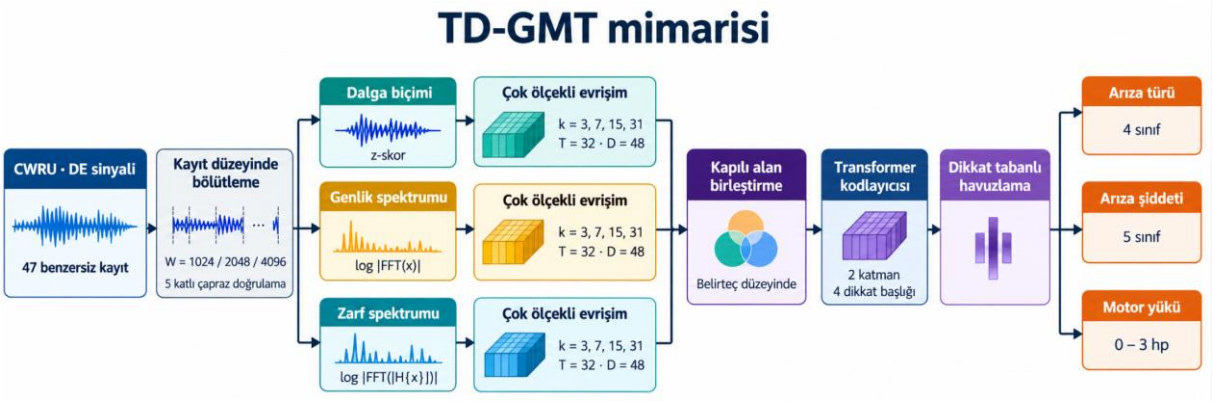
Şekil 1. CWRU rulman test düzeneği ve temel bileşenleri.

Veriler; sağlıklı durum ile iç bilezik (IR), dış bilezik (OR) ve bilye arızalarını içeren dört sınıftan oluşmaktadır. Yapay kusurların çapları 0,007, 0,014, 0,021 ve 0,028 inçtir. Kayıtlar, sırasıyla yaklaşık 1797, 1772, 1750 ve 1730 rpm hızlara karşılık gelen 0, 1, 2 ve 3 hp motor yüklerinde alınmıştır (Liang vd., 2025). Yük değişiminin titreşim özelliklerini etkilediği ve RMS düzeyinin yükle birlikte arttığı bildirilmiştir (Singh, 2025).

MATLAB formatındaki ham sinyaller farklı pencere uzunluklarında bölütlenmiştir. Arıza türü, arıza çapı ve motor yükü bilgileri, TD-GMT modelinin çok görevli çıkış başlıkları için hedef etiketler olarak kullanılmıştır.

2.2. Önerilen Yöntem: TD-GMT

Önerilen Üç Alanlı, Kapılı ve Çok Ölçekli Transformer (TD-GMT), ham tahrik ucu (DE) titreşim sinyalinden alınan $x \in \mathbb{R}^W$ uzunluğundaki bir pencereyi kullanarak üç tahmin üretmektedir: arıza türü (sağlıklı, bilye, iç bilezik ve dış bilezik), arıza şiddeti (kusur yok, 0,007, 0,014, 0,021 ve 0,028 inç) ve motor yükü (0–3 hp).



Şekil 2. Önerilen TD-GMT modelinin üç alanlı özellik çıkarımı, kapılı birleştirme ve Transformer tabanlı çok görevli sınıflandırma mimarisi.

Şekil 3'te gösterilen mimari şu bileşenlerden oluşmaktadır: (i) giriş penceresinden dalga biçimi, genlik spektrumu ve zarf spektrumu temsillerini üreten alan dönüşüm modülü; (ii) her temsili D = 48 boyutlu T = 32 belirtece dönüştüren üç paralel çok ölçekli evrişim kolu; (iii) belirteç düzeyinde kapılı alanlar arası birleştirme modülü; (iv) öğrenilebilir konumsal gömmeler içeren iki katmanlı Transformer kodlayıcısı; (v) belirteçleri tek bir özellik vektöründe özetleyen dikkat tabanlı havuzlama katmanı ve (vi) üç doğrusal sınıflandırma başlığı.

2.3. Performans Metrikleri

TD-GMT'nin teşhis performansı, karışıklık matrisinden türetilen standart sınıflandırma metrikleriyle nicel olarak değerlendirilmektedir. Her sınıf için ilgili sınıf pozitif, diğer sınıflar negatif kabul edilerek doğru pozitif (TP), yanlış pozitif (FP), doğru negatif (TN) ve yanlış negatif (FN) değerleri hesaplanmaktadır. Çok sınıflı değerlendirmede kesinlik, duyarlılık ve F1-skorunun sınıf bazlı değerleri eşit ağırlıkla ortalanarak makro ortalamalar elde edilmektedir. Böylece her sağlık durumu, örnek sayısından bağımsız olarak ilgili nihai skora eşit katkı sağlamaktadır. Bu metrikler, rulman arıza teşhisi modellerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Akcan vd., 2024).

Doğruluk, sınıfı doğru tahmin edilen test örneklerinin oranını ifade etmekte ve modelin genel doğruluğunu yansıtmaktadır:

$$\text{Doğruluk} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \qquad (1)$$

Kesinlik, modelin kararlarının ne kadar güvenilir olduğunu, yani bir sınıfa atanan örneklerin ne kadarının gerçekten o sınıfa ait olduğunu göstermektedir:

$$\text{Kesinlik} = \frac{TP}{TP + FP} \qquad (2)$$

Duyarlılık olarak da adlandırılan geri çağırma, bir sınıfa ait örneklerin ne ölçüde eksiksiz yakalandığını ölçmekte olup gözden kaçan arızaların önlenmesi açısından özellikle önemlidir:

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP + FN} \qquad (3)$$

F1-skoru, kesinlik ve duyarlılığı harmonik ortalamaları aracılığıyla birleştirmektedir. İkisinden herhangi biri düşük olduğunda belirgin biçimde azaldığından, özellikle sınıf dağılımının dengesiz olduğu durumlarda dengeli bir değerlendirme sunmaktadır:

$$F_1 = \frac{2 \cdot \text{Kesinlik} \cdot \text{Duyarlılık}}{\text{Kesinlik} + \text{Duyarlılık}} \qquad (4)$$

Macro-F1, Her sınıf için hesaplanan F1-skorlarının eşit ağırlıklı ortalamasıdır ve tüm sınıfların değerlendirmeye eşit katkı sağlamasını sağlar.

Eşik değerine bağlı bu metriklere ek olarak, sınıfların ayrılabilirliğini incelemek için alıcı işletim karakteristiği (ROC) eğrisi kullanılmaktadır. ROC eğrisi, karar eşiği değiştikçe doğru pozitif oranını (TPR) yanlış pozitif oranına (FPR) karşı çizmektedir:

$$\text{TPR} = \frac{TP}{TP + FN} \qquad (5)$$

$$\text{FPR} = \frac{FP}{FP + TN} \qquad (6)$$

ROC eğrisi altındaki alan (AUC) bu eğriyi tek bir değerle özetlemekte olup 1 değeri mükemmel ayrımı, 0,5 değeri ise rastgele tahmini ifade etmektedir:

$$\text{AUC} = \int_0^1 \text{TPR}\ d(\text{FPR}) \qquad (7)$$

Çok sınıflı durumda AUC her sınıf için bire-karşı-diğerleri yaklaşımıyla hesaplanmakta ve ardından ortalaması alınmaktadır. AUC tek bir karar eşiğine bağlı olmadığından eşik tabanlı metrikleri tamamlamakta ve teşhis başarımına ilişkin daha kapsamlı bir bakış sunmaktadır (Ning ve Li, 2026).

3. BULGULAR

Bu bölümde, TD-GMT'nin teşhis performansı kayıt düzeyinde beş katlı çapraz doğrulama sonuçlarıyla değerlendirilmiştir. Farklı pencere uzunluklarının etkisi, sınıf bazlı hatalar ve model bileşenlerinin gürültü altındaki katkıları incelenmiştir.

İlk analizde, TD-GMT'nin üç farklı pencere uzunluğundaki performansı, kayıt düzeyinde beş katlı çapraz doğrulama protokolüyle değerlendirilmiştir. Her test katı, eğitimde kullanılmayan kayıtlardan oluştuğundan Tablo 6'daki sonuçlar, aynı dosyanın komşu pencereleri arasındaki

benzerlikten ziyade görülmemiş kayıtlara genelleme başarısını yansıtmaktadır. Doğruluk, Kesinlik, duyarlılık ve F1-skoru, sınıfların örnek sayılarıyla ağırlıklandırılarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. TD-GMT'nin kayıt düzeyinde 5 katlı çapraz doğrulama sonuçları (ortalama ± SS, %; AUC: 0–1).

Pencere uzunluğu	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F1-Skoru	Makro Kesinlik	Makro Duyarlılık	Makro F1	AUC
1024	99.74 ± 0.36	99.75 ± 0.36	99.74 ± 0.36	99.74 ± 0.36	99.76 ± 0.34	99.81 ± 0.26	99.79 ± 0.30	1.0000 ± 0.0000
2048	98.67 ± 2.98	98.96 ± 2.33	98.67 ± 2.98	98.68 ± 2.95	98.64 ± 3.03	99.09 ± 2.04	98.74 ± 2.83	1.0000 ± 0.0000
4096	98.85 ± 2.37	98.98 ± 2.09	98.85 ± 2.37	98.85 ± 2.39	98.84 ± 2.45	99.22 ± 1.60	98.96 ± 2.17	1.0000 ± 0.0000

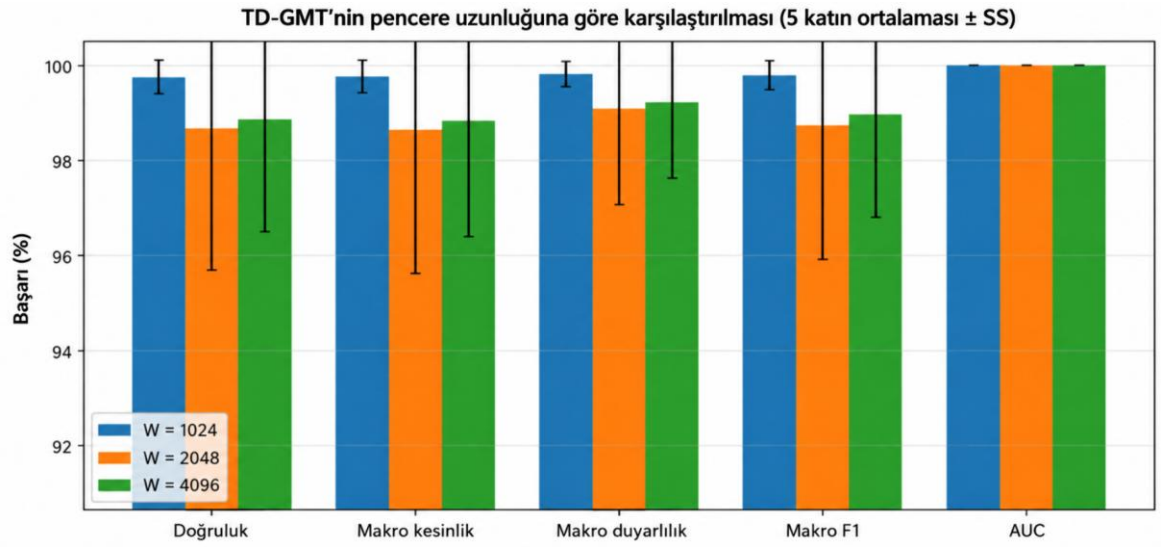
Tablo 1're göre TD-GMT, tüm pencere uzunluklarında yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. En yüksek doğruluk (%99,74 ± 0,36) ve Macro-F1 (%99,79 ± 0,30), 1024 örneklik pencerede elde edilmiştir. Bu pencere uzunluğundaki düşük standart sapmalar, katlar arasında daha tutarlı sonuçlara işaret etmektedir. 2048 ve 4096 örneklik pencerelerde doğruluk sırasıyla %98,67 ve %98,85 olmuş, katlar arasındaki değişkenlik artmıştır. Ağırlıklı ve makro metriklerin birbirine yakın olması, sınıfların eşit ağırlıkla değerlendirilmesinde de başarının korunduğunu göstermektedir. Tüm koşullarda AUC'nin dört ondalık basamakta 1,0000 olması, yüksek ayırt etme yeteneğini yansıtsa da kusursuz sınıflandırma anlamına gelmemektedir. Sonuçlar, incelenen koşullarda 1024 örneklik pencerenin ortalama başarı ve tutarlılık açısından en uygun seçenek olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Her pencere uzunluğu için TD-GMT'nin kat bazında doğruluk ve makro F1 (%) değerleri.

Kat	Doğ. 1024	Makro F1 1024	Doğ. 2048	Makro F1 2048	Doğ. 4096	Makro F1 4096
1	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2	99.23	99.35	93.33	93.68	94.62	95.09
3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
4	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
5	99.49	99.58	100.00	100.00	99.65	99.71
Ortalama ± SD	**99.74 ± 0.36**	**99.79 ± 0.30**	**98.67 ± 2.98**	**98.74 ± 2.83**	**98.85 ± 2.37**	**98.96 ± 2.17**

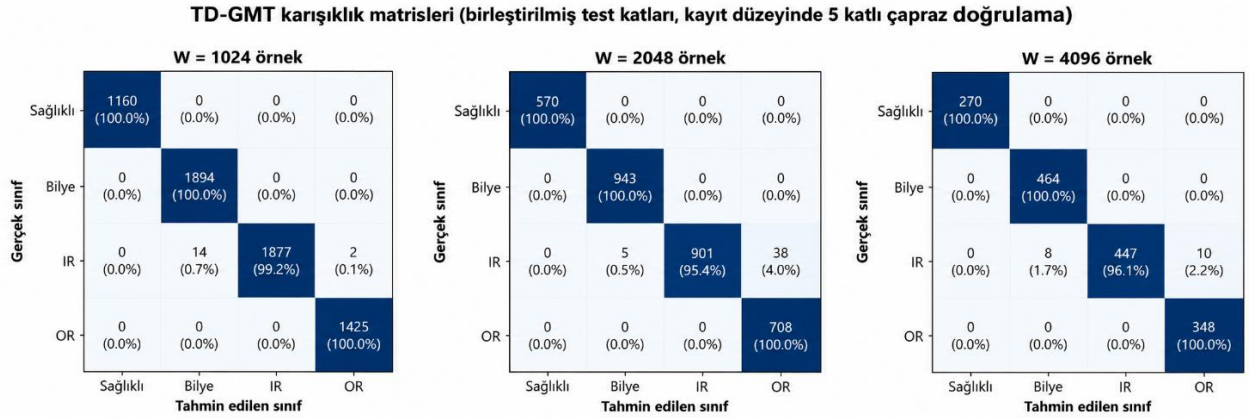
Tablo 2'de, TD-GMT'nin tüm pencere uzunluklarında 1., 3. ve 4. katlarda %100 doğruluk ve makro F1 elde ettiği görülmektedir. En belirgin performans düşüşü 2. katta gerçekleşmiş; doğruluk, 1024 örneklik pencerede %99,23 iken 2048 ve 4096 örneklik pencerelerde sırasıyla %93,33 ve %94,62 olmuştur. Beşinci katta ise sonuçlar %99,49–100,00 doğruluk aralığında kalmıştır. Bu dağılım, ortalama başarıdaki düşüşün ve yüksek standart sapmaların ağırlıklı olarak 2. kattaki hatalardan kaynaklandığını göstermektedir. Makro F1 değerlerinin doğrulukla benzer seyretmesi, performans değişiminin sınıflara eşit ağırlık verildiğinde de korunduğunu

ortaya koymaktadır. İncelenen koşullarda 1024 örneklik pencere, en yüksek ortalama başarıyı ve katlar arasında en düşük değişkenliği sağlamıştır.



Şekil 3. TD-GMT metriklerinin pencere uzunluğuna göre karşılaştırılması (beş katın ortalaması ± SS).

Şekilde 3'te, 1024 örneklik pencerenin doğruluk ve makro metriklerde en yüksek ortalamaları ve en düşük standart sapmaları sağladığı görülmektedir. Daha uzun pencerelerde başarı bir miktar azalırken katlar arasındaki değişkenlik artmıştır. Ancak hata çubuklarının örtüşmesi nedeniyle bu sonuçlar, belirli bir pencere uzunluğunun kesin üstünlüğünü göstermemektedir. Tüm koşullarda AUC'nin yaklaşık 1,00 olması, yüksek ayırt etme başarısına işaret etmektedir.



Şekil 4. Farklı pencere uzunlukları için TD-GMT'nin birleştirilmiş test katlarına ait karışıklık matrisleri.

Şekil 4'te, sağlıklı, bilye ve dış bilezik sınıflarındaki örneklerin tüm pencere uzunluklarında doğru sınıflandırıldığı görülmektedir. Hataların tamamı iç bilezik (IR) sınıfında yoğunlaşmıştır. Bu sınıfın duyarlılığı, 1024 örneklik pencerede %99,2 iken 2048 ve 4096 örneklik pencerelerde sırasıyla %95,4 ve %96,1 olmuştur. Özellikle 2048 örneklik pencerede iç bilezik örneklerinin

%4,0'ı dış bilezik olarak tahmin edilmiştir. Sonuçlar, incelenen koşullarda 1024 örneklik pencerenin iç bilezik arızalarını ayırt etmede daha başarılı olduğunu göstermektedir.

Tablo 3. W = 2048 için ablasyon sonuçları (beş kat üzerinden ortalama ± SS, %; AUC: 0–1).

Model Varyantı	Doğruluk	Makro F1	AUC	Doğ. @10 dB	Doğ. @0 dB	Parametreler
TD-GMT (önerilen)	**98.67 ± 2.98**	**98.74 ± 2.83**	**1.0000 ± 0.0000**	**98.54 ± 3.00**	**89.10 ± 8.29**	**180,258**
Genlik spektrumu kolu çıkarılmış	98.82 ± 2.63	99.08 ± 2.06	1.0000 ± 0.0000	98.57 ± 3.10	89.37 ± 4.99	134,386
Zarf spektrumu kolu çıkarılmış	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	1.0000 ± 0.0000	99.77 ± 0.27	86.29 ± 10.65	134,386
Transformer çıkarılmış	99.60 ± 0.90	99.67 ± 0.73	1.0000 ± 0.0000	97.95 ± 1.52	75.00 ± 5.78	142,338
Kapılı birleştirme çıkarılmış	99.72 ± 0.62	99.73 ± 0.60	1.0000 ± 0.0000	98.96 ± 1.96	74.61 ± 14.96	184,817
Çok görevli öğrenme çıkarılmış	99.91 ± 0.21	99.91 ± 0.21	1.0000 ± 0.0000	99.87 ± 0.14	79.01 ± 13.05	180,258

Tablo 3, TD-GMT bileşenlerinin katkısının özellikle yüksek gürültü altında belirginleştiğini göstermektedir. Temiz sinyallerde bazı sadeleştirilmiş varyantlar tam modelden daha yüksek doğruluk elde ederken, 0 dB'de Transformer, kapılı birleştirme ve çok görevli öğrenmenin çıkarılması doğruluğu sırasıyla %75,00, %74,61 ve %79,01'e düşürmüştür. Tam model, bu varyantlardan sırasıyla 14,10, 14,49 ve 10,09 yüzde puan daha başarılıdır. Zarf spektrumu kolunun çıkarılması temiz sinyallerde %100 doğruluk sağlasa da 0 dB'de başarı %86,29'a gerilemiştir. Genlik spektrumu kolu çıkarılan varyant ise daha az parametreyle tam modele yakın sonuç vermiştir (%89,37). Dolayısıyla bulgular, Transformer, kapılı birleştirme ve çok görevli öğrenmenin gürültü dayanıklılığına katkısını desteklerken, genlik spektrumu kolunun ek faydasını bu deneylerde açıkça ortaya koymamaktadır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, rulman titreşimlerinin üç tamamlayıcı temsilini çok ölçekli özellik çıkarımı, kapılı birleştirme ve Transformer kodlamasıyla bütünleştiren TD-GMT geliştirilmiştir. Yinelenen kayıtların ayıklanması ve kayıt düzeyinde beş katlı çapraz doğrulama kullanılmasıyla, aynı kayıttan üretilen pencerelerin eğitim ve test kümelerine dağılmasından kaynaklanabilecek veri sızıntısı riski azaltılmıştır.

İncelenen pencere uzunlukları arasında en yüksek ortalama doğruluk ve makro F1, 1024 örneklik pencerede sırasıyla %99,74 ± 0,36 ve %99,79 ± 0,30 olarak elde edilmiştir. Ancak bu sonuç, kısa pencerelerin genel olarak üstün olduğunu göstermemektedir. Kat bazındaki analizler, performans düşüşünün ağırlıklı olarak ikinci katta gerçekleştiğini; karışıklık matrisleri ise hataların iç bilezik sınıfında yoğunlaştığını göstermiştir. Bu bulgular, genel başarı değerlerinin sınıf ve kayıt bazlı incelemelerle desteklenmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Ablasyon sonuçları, model bileşenlerinin katkısının özellikle yüksek gürültü altında belirginleştiğini göstermiştir. Tam model, 0 dB SNR koşulunda %89,10 doğruluk elde ederken

Transformer, kapılı birleştirme ve çok görevli öğrenmenin çıkarılması belirgin performans kayıplarına yol açmıştır. Buna karşılık, bazı sadeleştirilmiş varyantların temiz sinyallerde daha yüksek başarı sağlaması ve genlik spektrumu kolu çıkarılan varyantın tam modele yakın sonuç vermesi, bütün bileşenlerin her koşulda üstünlük sağlamadığını göstermektedir.

Sonuç olarak TD-GMT, kayıt bağımsızlığı gözetilen değerlendirmede yüksek teşhis başarısı sunmuş; Transformer, kapılı birleştirme ve çok görevli öğrenme bileşenleri gürültü dayanıklılığına katkı sağlamıştır. Bununla birlikte, değerlendirme CWRU kayıtları ve incelenen deney koşullarıyla sınırlıdır. Gelecek çalışmalarda farklı veri setleri ve görülmemiş çalışma koşullarıyla doğrulama yapılması, iç bilezik sınıfındaki hataların azaltılması ve daha az parametreli varyantların araştırılması yararlı olacaktır.

KAYNAKÇA

Chen, S., Zhang, B., He, X., Chang, X., Shao, Y., & Gao, Z. (2026). A lightweight CNN-ISO collaborative optimization framework addressing high-dimensional redundancy and class imbalance in rolling bearing fault diagnosis. *Measurement, 271*, 120912.

Li, X., Wang, B., Lv, J., Wei, L., & Ma, K. (2026). Adaptive time-frequency signal enhancement and deep spatial-temporal fusion for noise-resistant bearing fault diagnosis. *ISA Transactions, 168*, 284–304.

Xu, L., Ji, D., Ang, M. H., & Tan, Y. Z. (2026). A hybrid neural network with dual attention and online fine-tuning for complex fault diagnosis in autonomous underwater vehicles. *Ocean Engineering, 363*, 126713.

Zhang, W., Zhang, Z., Jin, N., & Lin, K. (2026). A hybrid deep learning-based framework for rolling bearing fault diagnosis: Multi-resolution feature extraction and enhanced adaptive nonlinear mapping. *Advances in Engineering Software, 218*, 104184.

Liang, C., Mu, X., Zhang, X., Lu, F., Wang, C., & Shao, Y. (2025). Enhanced fault diagnosis of rolling bearings using attention-augmented separable residual networks. Engineering Science and Technology, an International Journal, 61, 101930.

Singh, M. T. (2025). Graph-based fault diagnosis for rotating machinery: Adaptive segmentation and structural feature integration. Results in Engineering, 27, 106566.

Akcan, E., Kuncan, M., Kaplan, K., & Kaya, Y. (2024). Diagnosing bearing fault location, size, and rotational speed with entropy variables using extreme learning machine. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 46(1), 4.

Ning, J., & Li, S. (2026). A hybrid time-frequency information-based method for bearing fault diagnosis. Advances in Mechanical Engineering, 18(2), 16878132261422392.

DC MOTOR TAHRİKLİ BİLYALI VİDALI KONUMLAMA SİSTEMİNDE KLASİK, İLERİ BESLEMELİ VE BULANIK PID DENETLEYİCİLERİN DEĞİŞKEN YÜK ALTINDA KARŞILAŞTIRILMASI

Dr. Erdi YILDIZ
Kayseri University, Vocational School of Information Technologies, Kayseri, Türkiye
ORCID ID: 0009-0006-1765-2779
Dr. Ahmet KIRNAP
Erciyes University, Faculty of Engineering, Department of Mechatronics Engineering, Kayseri, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-7685-5297

ÖZET

Bilyalı vidalar, doğrusal hareket üreten sistemlerde ve endüstriyel otomasyonda birçok alanda kullanılmaktadır. Bu çalışmada DC motor ile tahrik edilen bilyalı vidalı bir konumlandırma sisteminin kontrolü klasik PID, hız ve ivme ileri beslemeli PID (PID + FF) ve bulanık kazanç programlamalı PID ile gerçekleştirilerek kıyaslanmıştır. Sistem parametreleri olarak maxon RE 65 motorunun ve THK bilyalı vidanın gerçek katalog verileri kullanılmış ve motor modelinin katalog verileriyle tutarlılığı kontrol edilmiştir (en büyük fark %1,5). Sistem vida milinin esnekliğini içerecek şekilde iki kütleli bir model ile tanımlanmış ve akım modunda sürülmüştür. Üç denetleyicinin de kazanç parametreleri ayarlanırken aynı diferansiyel gelişim algoritması ve maliyet fonksiyonu kullanılmış, denge noktasında aynı dayanıklılık kısıtı uygulanmıştır (en büyük duyarlılık $M_s \leq 1{,}5$). Denetleyiciler; 10 kHz sayısal akım çevrimi, gerilim ve akım doyumu, Coulomb sürtünmesi ve 1 µm kodlayıcı çözünürlüğü içeren ayrıntılı bir modelde, 0–100 kg yük aralığında denenmiştir. 20 kg yükte 300 mm'lik harekette en büyük takip hatası klasik PID ile 29,8 µm, bulanık PID ile 30,2 µm, PID + FF ile 7,8 µm olarak gerçekleşmiştir. 100 N'luk basamak bozucuya verilen tepki üç denetleyicide de yaklaşık 38 µm ile neredeyse aynıdır. Bulanık PID, akımı doyuma götüren 2 mm'lik basamak komutunda aşımı %20,9'dan %11,2'ye düşürmüştür. Sonuçlar, denge noktasında aynı M_s kısıtı altında takip başarımını asıl belirleyen etkenin ileri besleme olduğunu, bulanık kazanç programlamanın ise yalnızca doyumlu basamak hareketlerinde belirgin yarar sağladığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilyalı vida, Konum denetimi, PID denetleyici, İleri besleme, Bulanık kazanç programlama, Diferansiyel gelişim

COMPARISON OF CLASSICAL, FEEDFORWARD, AND FUZZY PID CONTROLLERS IN A DC MOTOR-DRIVEN BALL SCREW POSITIONING SYSTEM UNDER VARIABLE LOAD CONDITIONS

ABSTRACT

Ball screws are used in many fields, including linear motion systems and industrial automation. In this study, the control of a ball screw positioning system driven by a DC motor was implemented using classical PID, PID with velocity and acceleration feedforward (PID + FF),

and fuzzy gain-scheduled PID, and the results were compared. The actual catalog data of the maxon RE 65 motor and the THK ball screw were used as system parameters, and the consistency of the motor model with the catalog data was checked (maximum difference of 1.5%). The system was modeled as a two-mass system to account for the flexibility of the screw shaft and was driven in current mode. While adjusting the gain parameters for all three controllers, the same differential evolution algorithm and cost function were used, and the same robustness constraint was applied at the equilibrium point (maximum sensitivity $M_s \leq 1.5$). The controllers were tested in a detailed model—including a 10 kHz digital current loop, voltage and current saturation, Coulomb friction, and 1 µm encoder resolution—across a load range of 0–100 kg. For a 300 mm movement under a 20 kg load, the maximum tracking error was 29.8 µm with classical PID, 30.2 µm with fuzzy PID, and 7.8 µm with PID + FF. The response to a 100 N step disturbance was nearly identical across all three controllers at approximately 38 µm. Fuzzy PID reduced overshoot from 20.9% to 11.2% for a 2 mm step command that drove the current to saturation. The results show that, under the same M_s constraint at the equilibrium point, feedforward is the primary factor determining tracking performance, while fuzzy gain scheduling provides a significant benefit only during saturated step responses.

Keywords: Ball screw, Position control, PID controller, Feedforward, Fuzzy gain scheduling, Differential evolution

1. INTRODUCTION

Ball screw systems, which convert the rotational motion of a motor into linear motion, are frequently used in CNC machine tools (Altintas et al., 2011). In these systems, the table to which the workpiece is attached must be controlled with micrometer-level precision. However, since the load carried by the table varies, the inertia changes. Furthermore, the axial flexibility of the screw shaft creates a resonance at the level of hundreds of hertz, which limits the control bandwidth. For these reasons, controlling the table becomes difficult (Erkorkmaz & Altintas, 2001; Okwudire & Altintas, 2009; Varanasi & Nayfeh, 2004). To address these issues, several methods have been proposed in the literature. Kamalzadeh and Erkorkmaz (2007) developed a method to compensate for axial vibrations in ball-screw systems, while Gordon and Erkorkmaz (2013) combined pole-placement vibration damping with a novel trajectory prefilter. Foo et al. (2016) used a disturbance observer to improve positioning speed and accuracy in a ball screw mechanism. Zhu et al. (2023), on the other hand, employed a generalized extended-state observer-based integral sliding-mode control approach to mitigate the adverse effects of flexibility and time-varying parameters.

Due to its simple structure, few parameters, and ease of implementation, PID control remains the most widely used controller in industry (Ang et al., 2005). In servo motor-controlled systems, PID control is typically used with an outer position loop (cascade) structure that includes the current (torque) loop; Koç et al. (2021) compared the real-time performance of these cascade structures in a DC motor. In addition to traditional methods, optimization-based approaches are also used to determine controller coefficients. Khosravi et al. (2022) determined cascade parameters using Bayesian optimization, while Liu et al. (2023) determined the gain parameters of a P-PI controller for a dual-ball-screw axis using the grey wolf optimization algorithm. Studies in the Turkish literature also exist that determine DC motor gain parameters using genetic algorithms (Açıkgöz et al., 2014).

To improve the performance of the classical PID, structures with two degrees of freedom that process the reference signal via a separate path (Taguchi & Araki, 2000) and feedforward structures generated from the velocity and acceleration of the planned trajectory in motion systems (Boerlage et al., 2003) can be used. Additionally, fuzzy logic-based structures that adjust the PID coefficients during operation can also enhance the performance of the classical PID. Since the development of Mamdani's (1974) first fuzzy controller, this approach has evolved; Zhao et al. (1993) scheduled the PID gains using fuzzy rules based on the error and its rate of change, while Mudi and Pal (1999) proposed a robust method for online adjustment of the gains in fuzzy controllers. Industrial applications of fuzzy control have been compiled by Precup and Hellendoorn (2011).

The most significant problem encountered in controller comparisons is that controller tuning is not performed under the same conditions or in a fair manner. In such cases, the superiority or weakness of a controller stems not from its structure but from improper gain tuning. Therefore, in this study, three controllers were tuned using the same differential evolution (DE) algorithm (Das & Suganthan, 2011; Storn & Price, 1997) and the same cost function, under the same robustness constraint at the equilibrium point. As a robustness metric, the maximum sensitivity (M_s), which summarizes the stability margin as a single number, was used (Åström et al., 1998). The contributions of this study can be summarized as follows: (i) The system was set up using catalog data from a real motor (maxon, n.d.) and a real ball screw selection example (THK, n.d.-a), and the consistency of the motor model with other values in the catalog was checked. (ii) Classical PID, PID + FF, and fuzzy PID were tuned using the same method and cost, under the same M_s constraint at the equilibrium point. (iii) The controllers were tested under a 0–100

kg load, motor heating, external force, and saturated step command in a detailed model that includes the current loop, saturation, friction, and encoder resolution.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. System and Mathematical Model

The system under investigation is shown in Figure 1(a). A DC motor rotates the ball screw via a coupling; the nut, in turn, carries the table, which moves along the linear guide rails. A 48 V maxon RE 65 (product no. 353297) was selected as the motor (maxon, n.d.). The data for the ball screw, table, and guide rails were taken from the selection example for high-speed transfer equipment (horizontal use) in the THK catalog (THK, n.d.-a): table mass 60 kg, nominal work mass 20 kg, shaft diameter 20 mm, shaft length 1200 mm, guide friction coefficient 0.003, and no-load guide resistance 15 N. The lead of 20 mm—the smallest lead calculated in that example—was used. In the example, a 40 mm lead is selected due to the 1 m/s speed requirement; the maximum speed in this study is 0.56 m/s (1,688 rpm), which is below the critical speed of 2,180 rpm given in the example. The load range was selected as 0–60 kg, and testing was also conducted up to 100 kg to assess robustness. The main parameters are presented in Table 1.

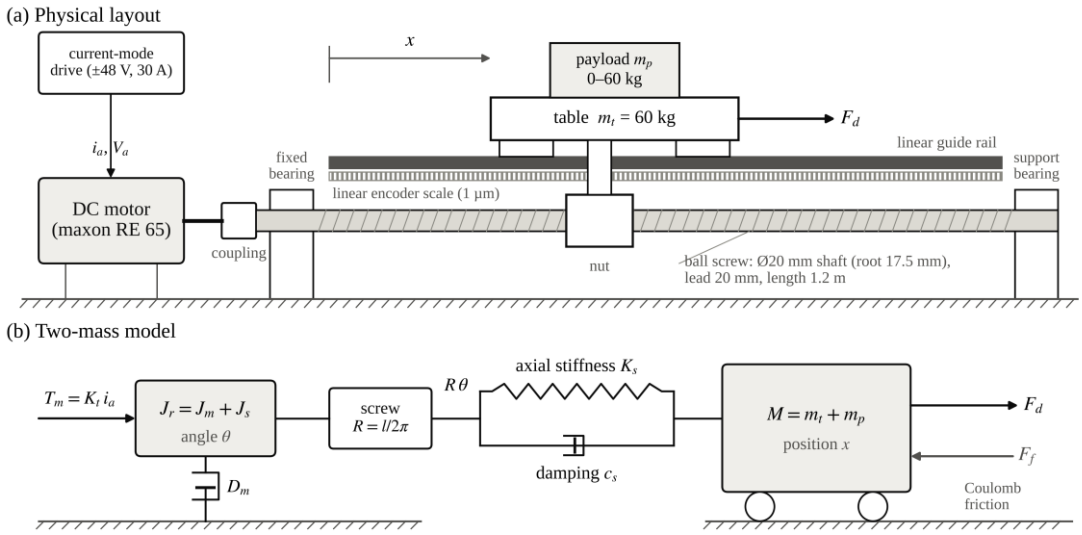


Figure 1. System under study: (a) physical layout of the ball-screw positioning axis, (b) two-mass model.

Table 1. System parameters.

Parameter	Symbol	Value	Source
DC motor (48 V, 250 W)	–	maxon RE 65, part no. 353297	(maxon, n.d.)
Terminal resistance / inductance	R_a / L_a	0.365 Ω / 0.161 mH	(maxon, n.d.)
Torque / back-EMF constant	K_t / K_e	0.123 N·m/A / 0.1227 V·s/rad	(maxon, n.d.)
Rotor / screw inertia	J_m / J_s	1.34×10^{-4} / 1.48×10^{-4} kg·m²	(maxon, n.d.; THK, n.d.-a)
Motor viscous friction	D_m	9.25×10^{-5} N·m·s/rad	derived from (maxon, n.d.)
Screw lead / root diameter / length	l / d_r / L	20 mm / 17.5 mm / 1200 mm	(THK, n.d.-a)
Screw efficiency	η	0.90	(THK, n.d.-a)
Table mass / payload	m_t / m_p	60 kg / 0–60 kg (nominal 20 kg)	(THK, n.d.-a)
Guide friction coefficient / resistance	μ / f	0.003 / 15 N	(THK, n.d.-a)
Friction smoothing velocity, tuning / evaluation model	v_s	1 mm/s / 0.1 mm/s	assumed
Axial stiffness / damping	K_s / c_s	45.0 N/μm / 1220 N·s/m	(THK, n.d.-b) / ζ = 0.02 assumed
Axial mode at 0 / 20 / 60 kg	f_a	244 / 234 / 223 Hz	derived
Supply voltage / current limit	V_{max} / I_{max}	48 V / 30 A	(maxon, n.d.) / assumed
Current-loop bandwidth	f_c	1 kHz	assumed
Sampling period / encoder resolution	T_s / q	1 ms / 1 μm	assumed

The system was modeled by adding the armature circuit and a nut-screw damping mechanism parallel to the axial stiffness (Altintas et al., 2011; Khosravi et al., 2022) to the two-mass model used by Foo et al. (2016) (Figure 1(b)). In this model, the rotating inertia ($\boldsymbol{J_r}$) of the motor and screw is related to the mass (M) of the table and load, as well as the axial stiffness ($\boldsymbol{K_s}$) and damping ($\boldsymbol{c_s}$) of the screw shaft. The equations of motion are as follows:

$$L_a \frac{di_a}{dt} = V_a - R_a i_a - K_e \dot{\theta} \quad (1)$$

$$J_r \ddot{\theta} = K_t i_a - D_m \dot{\theta} - R F_s \quad (2)$$

$$M \ddot{x} = F_s - F_f + F_d \quad (3)$$

$$F_s = K_s(R\theta - x) + c_s(R\dot{\theta} - \dot{x}), \qquad F_f = F_c \tanh(\dot{x}/v_s) \quad (4)$$

Here, R = l/2π is the ratio that converts rotation into translation (l: screw lead). $\boldsymbol{F_s}$ is the axial force between the screw and the nut, $\boldsymbol{F_f}$ is the Coulomb friction, and $\boldsymbol{F_d}$ is the external force acting on the table. The friction force $\boldsymbol{F_c}$ was calculated as $\boldsymbol{F_c = (\mu M g + f)/\eta}$ (THK, n.d.-a) and smoothed using the tanh function to avoid numerical issues (Armstrong-Hélouvry et al., 1994). The smoothing velocity $\boldsymbol{v_s}$ was set to 1 mm/s in the tuning model and 0.1 mm/s in the evaluation model; the model does not account for static friction or the Stribeck effect. The axial stiffness was determined using the THK formula ($\boldsymbol{K_s}$ = AE/L; A: shaft cross-sectional area, E:

modulus of elasticity, L: distance between the fixed bearing and the nut) to be 45 N/μm for the worst-case scenario of L = 1.1 m (THK, n.d.-b). Damping was selected such that ζ = 0.02 for the axial mode, which is known to be lightly damped (Altintas et al., 2011). The motor's viscous friction, $\boldsymbol{D_m}$, was derived from the no-load current listed in the catalog.

As is typical in industrial servo drives, the motor is driven in current (torque) mode. The coefficients of the PI current controller in the drive were selected to provide a bandwidth of 1 kHz with pole-zero cancellation ($\boldsymbol{K_{pi} = L_a\omega_c, K_{ii} = R_a\omega_c}$). If the current loop is assumed to be ideal ($\boldsymbol{i_a \approx i_{ref}}$), the transfer function from current to table position is given by Equation (5). When the axial stiffness is assumed to be infinite, the model reduces to a rigid system with reflected inertia $\boldsymbol{J_{eq} = J_r + MR^2}$ (Equation (6)).

$$\frac{X(s)}{I(s)} = \frac{RK_tK(s)}{[J_rs^2 + D_ms + R^2K(s)][Ms^2 + K(s)] - R^2K(s)^2}, \qquad K(s) = c_ss + K_s \tag{5}$$

$$\frac{X(s)}{I(s)} = \frac{K_tR}{s\left(J_{\mathrm{eq}}s + D_m\right)} \tag{6}$$

Equation (6) clearly shows the effect of the load: when the load increases from 0 kg to 60 kg, $\boldsymbol{J_{eq}}$ increases by 68%, and the same current produces a smaller acceleration. The load-to-motor inertia ratio is 7.2 at 20 kg. The axial-mode frequency, meanwhile, ranges from 223 to 244 Hz depending on the load. One reason for selecting the current mode is to make the effect of the load visible: in the voltage mode, the motor's back-EMF behaves like a speed feedback signal and largely masks the effect of load changes.

The model was checked in three ways. First, it was symbolically shown that the voltage-input transfer function X(s)/V(s) matches the solution of the equations of motion and reduces to the classical DC motor model at the rigid limit. Second, the no-load speed, stall current, stall torque, mechanical time constant, and speed/torque gradient provided by the motor model were compared with catalog values. The largest discrepancy is 1.5% in no-load speed (3,670 vs. 3,726 rpm); for the other parameters, the discrepancy is at most 0.5%. This comparison is not an experimental validation; it demonstrates that the model established using catalog parameters is consistent with other values in the catalog. Finally, the tracking errors without friction and encoder quantization of the fast model used for tuning and the detailed model used for evaluation (Section 2.3) were compared, and the largest difference was 0.5% of the maximum error.

2.2. Controllers

The common architecture of the three controllers is shown in Figure 2. The position controller operates with a sampling period of $\boldsymbol{T_s}$ = 1 ms, and its output is a current reference ($\boldsymbol{i_{ref}}$) limited

to ±30 A. The position of the table is measured using a linear encoder with a resolution of 1 µm.

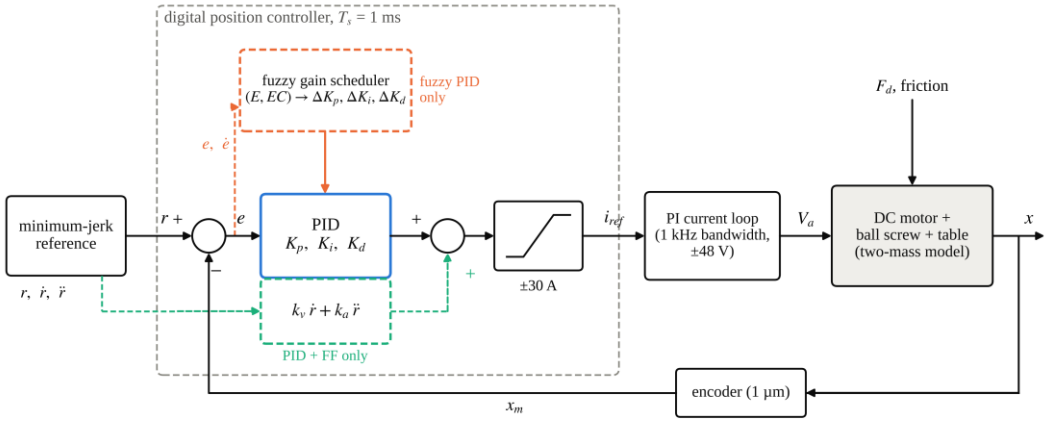


Figure 2. Control structure. The orange and green dashed blocks are present only in the fuzzy PID and the PID + FF controller, respectively.

2.2.1. Classical PID

The controller's transfer function is given in Equation (7). The derivative term was used in conjunction with a filter having a time constant of $\boldsymbol{T_f}$ = 1 ms to suppress measurement noise and was discretized using the Tustin transform. The conditional integral method was applied to prevent the integral term from continuing to grow (integral windup) when the current limit is reached.

$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + \frac{K_d\, s}{T_f s + 1} \tag{7}$$

2.2.2. PID + FF

In this controller, the feedback loop has the same structure as the classical PID controller. In addition, the velocity and acceleration of the planned trajectory are fed forward (Boerlage et al., 2003):

$$i_{\text{ref}} = C(s)\, E(s) + k_v \dot{r} + k_a \ddot{r} \tag{8}$$

The acceleration term provides the current needed to accelerate the table before an error occurs. In an ideal case, $\boldsymbol{k_a = J_{eq}/(K_t R)}$. The velocity term, on the other hand, compensates for viscous losses. Thus, the feedback corrects only the remaining small error. Since the feedforward is not part of the feedback loop, it does not affect stability or robustness. Feedforward was not used in the step response test; in this test, the controller operates solely with its own PID section.

2.2.3. Fuzzy PID

In this controller, the PID coefficients are adjusted during operation according to Equation (9):

$$K_j = K_{j0}\left[1 + \gamma\, \Delta K_j(E, EC)\right], \qquad j \in \{p, i, d\} \tag{9}$$

Here, K_{j0} are the base gains, and γ is the scheduling strength. Fuzzy inference has two inputs: the normalized error $E = e/G_e$ and the normalized error change $EC = \dot{e}/G_{\mathrm{de}}$; both are constrained to the interval $[-1, 1]$. Seven triangular membership functions (NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB) were used for each input and output. A correction (ΔK_j) within the range [−1, 1] is calculated for each coefficient using Mamdani inference (min–max) and centroid defuzzification (Mamdani, 1974; Zhao et al., 1993). The rule table in this study was organized according to the principles of Zhao et al. (1993) and Mudi and Pal (1999). When the error is large, K_p is increased and K_i is decreased; thus, overshoot and integral windup are limited. When the error is small, K_i is increased, and the residual error caused by friction is eliminated. As the error approaches zero, K_d is increased to provide damping. The rule surfaces are shown in Figure 3. To make the system suitable for real-time applications, the inference results were stored in a 41 × 41 table and read during operation using bilinear interpolation. The coefficients at the point E = EC = 0 (equilibrium point) determine the controller's behavior under small errors; the constraint $M_s \leq 1.5$ has been applied to these coefficients.

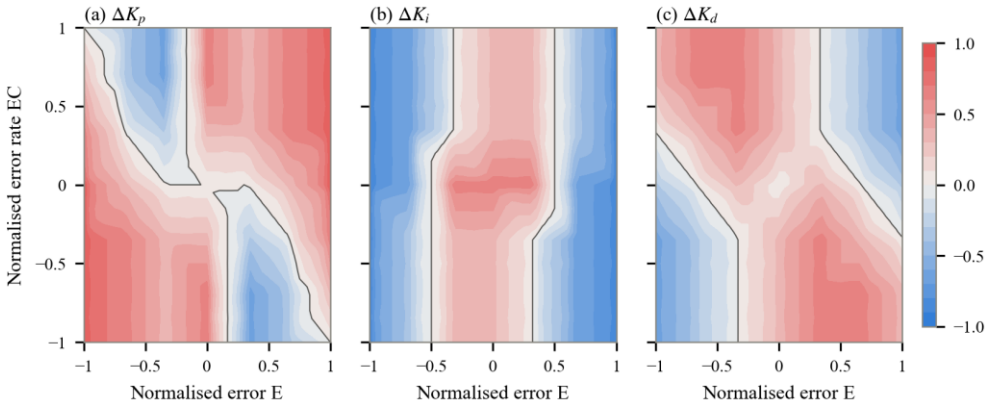


Figure 3. Fuzzy rule surfaces: (a) ΔK_p, (b) ΔK_i, (c) ΔK_d (E: normalized error, EC: normalized error change).

2.3. Tuning Method and Test Scenarios

The controller gains were determined using the differential evolution algorithm (Storn & Price, 1997). Differential evolution (DE) is a derivative-free global optimization method that improves a population of candidate solutions from generation to generation by utilizing the differences between the candidates (Das & Suganthan, 2011). In practice, the differential_evolution function from the SciPy library (Virtanen et al., 2020) was used; the population size was set to 15 per parameter, and the number of generations was set to 150. The

classical PID has 3 tuning parameters, the PID + FF has 5, and the fuzzy PID has 6. For PID + FF and fuzzy PID, a candidate corresponding to the tuned classical PID($\boldsymbol{k_v = k_a = 0}$ or γ = 0) was added to the initial population. This ensures that these two controllers perform at least as well as the classical PID in terms of the tuning cost function; this guarantee does not hold for every criterion in the detailed model. The same cost function was used for all three controllers:

$$J = \max_{m_p \in \{0,\,20,\,60\}\ \mathrm{kg}} \left[\mathrm{ITAE}_{\mathrm{traj}}(m_p) + \mathrm{ITAE}_{\mathrm{step}}(m_p)\right], \qquad \mathrm{ITAE} = \int_0^{t_{\mathrm{end}}} t\ |e(t)|\,dt \tag{10}$$

Here, $\mathbf{ITAE_{traj}}$ is the time-weighted absolute error integral in the trajectory test, while $\mathbf{ITAE_{step}}$ is the time-weighted absolute error integral in the 2-mm step test. Considering the worst-case load condition ensures that the controller performs well not only at the nominal load but across the entire range. The tuning was performed under the following constraints, and a large penalty was applied to candidates that violated these constraints:

- For all three test loads (0, 20, and 60 kg), the maximum sensitivity must be $M_s \leq 1.5$. M_s is the maximum amplitude of the sensitivity function (S = 1 / (1 + L), where L is the open-loop gain) and is equal to the inverse of the shortest distance to the −1 point on the Nyquist plot (Åström et al., 1998). The condition $M_s \leq 1.5$ implies a gain margin of at least 9.5 dB and a phase margin of at least 38.9°.
- The gain-reduction margin must be at least 6 dB. Since the phase drops below −180° at low frequencies in this loop, instability may occur even when the gain decreases. This constraint provides a safety margin, for example, when the motor heats up and the torque constant decreases.
- During the trajectory test, the current (±30 A) and voltage (±48 V) limits must not be reached.
- For fuzzy PID, the constraint $M_s \leq 1.5$ applies to the coefficients at the equilibrium point. Additionally, when each set of three coefficients that the rule base can generate is held constant, the closed-loop system must be stable and $M_s \leq 2$; that is, a lower margin is permitted during transient conditions.

The tuning was performed using a model that assumes a continuous-time current loop to shorten the calculation time and is exactly discretized (zero-order hold) at 1 ms; this model also includes friction and current limiting. The evaluation, however, was performed using a more detailed model. This model features a digital PI current controller operating at 10 kHz, ±48 V voltage

saturation and anti-windup, Coulomb friction, and 1 µm encoder quantization. The controllers were tested under the following scenarios:

Trajectory test: A 300-mm movement starting at t = 0.1 s and lasting 1 s. The minimum-jerk trajectory was used as a reference (Flash & Hogan, 1985):

$$\boldsymbol{r(t) = X\left(10\tau^3 - 15\tau^4 + 6\tau^5\right), \tau = (t - t_0)/T.}$$

After the motion, the table remains at rest, and at t = 1.6 s, a step force of 100 N is applied to the table in the +x direction.

Step test: 2-mm and 10-mm step commands that saturate the current. The 2-mm step is included in the cost function; the 10-mm step is not.

Payload sweep: Nine load values between 0 and 100 kg (the design range is 0–60 kg).

Motor heating: Winding temperature reaches 125 °C, the highest value in the catalog (maxon, n.d.). In this case, the copper resistance increases by 39%; the torque and back-EMF constants are assumed to decrease by 10% (20 kg payload; current-loop gains unchanged).

Standstill test: Residual error after 6 s of operation.

3. RESEARCH AND FINDINGS

The tuned coefficients are given in Table 2. For the fuzzy PID, both the base coefficients (K_{j0}) and the effective coefficients at the equilibrium point are provided; since $\Delta K_i = 0.667$ at the equilibrium point, the effective K_i is 1.23 times the base value. When the effective values are used, the PID coefficients of the three controllers are very close to each other: the coefficients of PID + FF and fuzzy PID differ from those of the classical PID by no more than 5%. This is an expected result: axial resonance and a 1 ms sampling rate, under the constraint $M_s \leq 1.5$, limit how fast the feedback loop can be, and the optimization for all three controllers reaches this limit. Indeed, as shown in Table 3, M_s is exactly 1.5 at both 0 kg and 60 kg. At a 20 kg load, the crossover frequency is approximately 30 Hz, and the phase margin is 44–45°. The acceleration coefficient ($k_aK_tR = 1.24 \times 10^{-3}$ kg·m²) of the PID + FF control is equal to the inertia corresponding to a load of approximately 35 kg; that is, the optimization selected a value close to the midpoint of the design range. In the fuzzy PID, $\gamma = 0.35$ was found. This value is constrained by the requirement that M_s not exceed 2 even under the worst-case coefficient combination that the rule base can generate ($M_s = 2.0$ at 60 kg). Consequently, the robustness margin of the fuzzy PID controller is the same as that of the other two controllers at the equilibrium point, but lower during transient conditions (Table 3).

Table 2. Tuned controller parameters. For the fuzzy PID, the first row gives the base gains (K_{j0}) and the second row the effective gains at the equilibrium point (E = EC = 0)

Controller	K_p (A/m)	K_i (A/(m·s))	K_d (A·s/m)	Additional parameters	Cost J (μm·s²)
Classical PID	45 733	1.820×10^6	475.4	–	16.22
PID + FF	47 298	1.732×10^6	474.6	k_v = 0.126 A·s/m, k_a = 3.165 A·s²/m	8.33
Fuzzy PID, base gains K_{j0}	43 874	1.532×10^6	475.6	G_e = 260 μm, G_{de} = 314 mm/s, γ = 0.348	15.12
Fuzzy PID, effective at E = EC = 0	43 874	1.887×10^6	475.6	$\Delta K_p = \Delta K_d = 0$, ΔK_i = 0.667	–

Table 3. Robustness measures of the discrete-time position loop. For the fuzzy PID, M_s is computed with the gains at the equilibrium point, and the worst case over all frozen gain sets the rule base can produce; for the fixed-gain controllers both are identical.

Controller	Payload (kg)	Crossover (Hz)	Phase margin (deg)	Gain margin (dB)	M_s	M_s, worst case
Classical PID	0	36.5	45.8	11.1	1.50	1.50
	20	30.1	44.5	12.3	1.49	1.49
	60	22.4	39.1	14.4	1.50	1.50
	100	18.2	32.3	16.1	1.88	1.88
PID + FF	0	36.9	45.3	11.1	1.50	1.50
	20	30.4	44.1	12.3	1.49	1.49
	60	22.8	39.0	14.4	1.50	1.50
	100	18.6	32.8	16.1	1.83	1.83
Fuzzy PID	0	36.1	46.5	11.2	1.50	1.67
	20	29.6	45.1	12.4	1.49	1.74
	60	22.0	39.3	14.4	1.50	2.00
	100	17.8	31.9	16.1	1.95	2.34

Figure 4 shows the tracking errors during the trajectory test with a 20 kg load. The errors of the classical PID and the fuzzy PID are nearly identical; the maximum errors are 29.8 and 30.2 μm, respectively, and occur at the beginning and end of the motion. In the PID + FF system, the maximum error drops to 7.8 μm—a reduction of approximately fourfold. This is because the acceleration feedforward provides the current needed to accelerate the table before an error occurs. The reason the fuzzy PID does not make a difference in tracking is that the error remains small: the tracking error is at most around 30 μm, which is small compared to G_e = 260 μm. Therefore, the coefficients remain close to their equilibrium values (Figure 8(a)). The response to a 100 N disturbance is nearly identical in all three controllers (38.5, 37.9, and 38.2 μm). Disturbance rejection depends on the feedback loop, and this result is expected since all three loops are set to the same M_s limit at the equilibrium point.

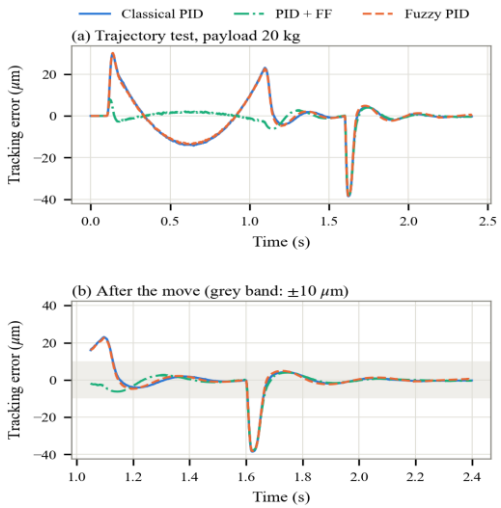


Figure 4. Tracking errors in the trajectory test at 20 kg payload: (a) whole test, (b) after the move (grey band: ±10 µm).

The effect of the load is shown in Figure 5 and Figure 6. As the load increases, inertia increases, causing the error to grow in the classical and fuzzy PID controllers. In the classical PID controller, the maximum error is 24.6 µm at 0 kg, rising to 41.9 µm at 60 kg and 55.2 µm at 100 kg. PID + FF yields the lowest error across all load levels (15.3 µm at 60 kg, 25.2 µm at 100 kg). The ITAE value of PID + FF is smallest around 30–40 kg, because the acceleration feedforward is tuned to the inertia at this load range. As the load deviates from this value, the mismatch between the feedforward and the actual inertia increases, and the error grows. The Fuzzy PID curves overlap with those of the classical PID. The disturbance response is less affected by the load and remains between 37–41 µm in all cases. All three controllers remain stable even at a load of 100 kg, which is outside the design range (Table 3).

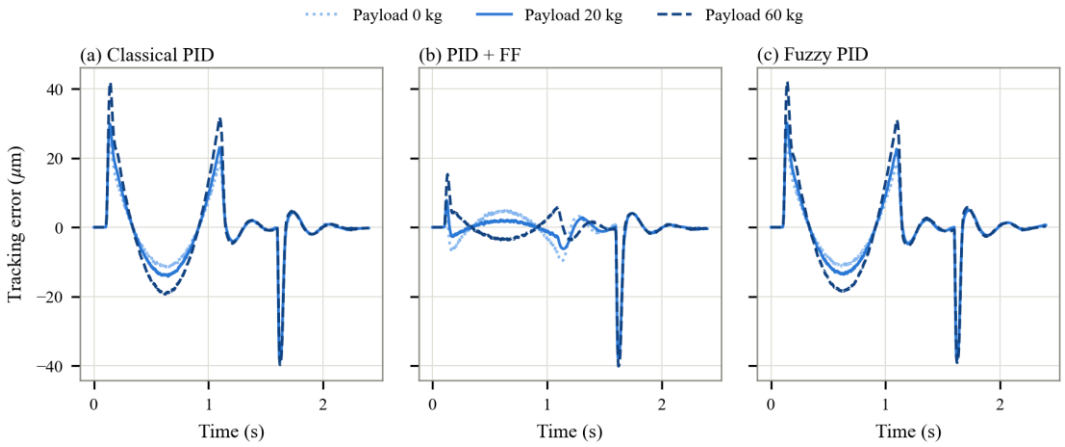


Figure 5. Tracking errors in the trajectory test for different payloads: (a) classical PID, (b) PID + FF, (c) fuzzy PID.

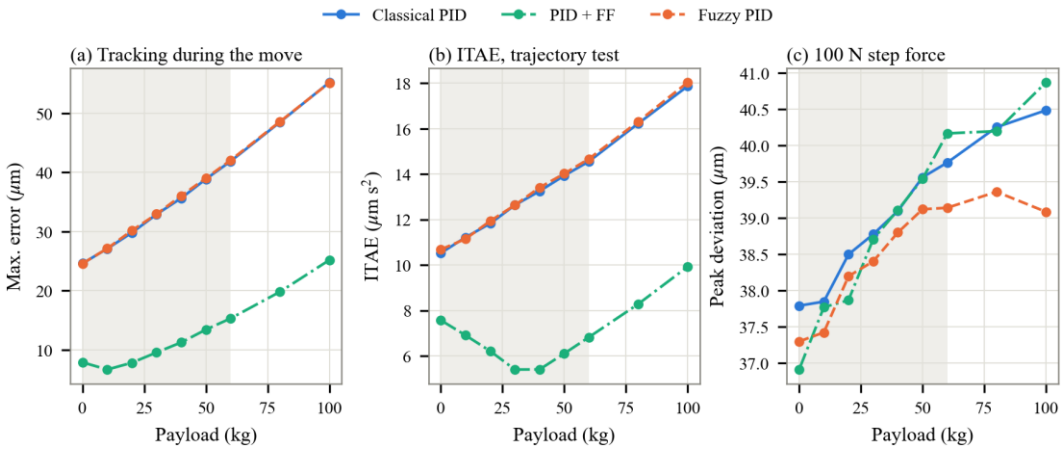


Figure 6. Performance metrics versus payload: (a) maximum error during the move, (b) ITAE, (c) peak deviation under the 100 N force (grey area: 0–60 kg design range).

The difference with fuzzy PID becomes apparent in step commands that drive the current to saturation (Figure 7, Table 4). For a 20 kg load and a 2 mm step, the overshoot is 20.9% with classical PID, 19.9% with PID + FF, and 11.2% with fuzzy PID. Even in the 10-mm step not used in tuning, the overshoot decreases from 32.0% and 34.2% to 21.3%. Figure 8(b) illustrates the reason for this: when the error is large, the fuzzy rules increase $\boldsymbol{K_p}$ by up to 30% and reduce $\boldsymbol{K_i}$ to approximately 0.7 times its base value—that is, to a value close to half its equilibrium value. Thus, when the current is at the limit, the integral term accumulates less. As the error decreases, $\boldsymbol{K_i}$ rises again, and the steady-state error is eliminated. Settling times, however, must be interpreted with caution. For a step response, the classical PID and PID + FF—operating with nearly identical PID coefficients—settled within a ±10 μm band for a 2 mm step in 129 and 76 ms, respectively. This difference demonstrates that the settling time, measured relative to a narrow band, is highly sensitive to small variations in oscillation. The settling times of the fuzzy PID (89 ms at 2 mm, 179 ms at 10 mm; compared to 129 and 150 ms for the classical PID) do not demonstrate a consistent advantage. The clear benefit of the fuzzy PID is the reduced overshoot.

Table 4. Performance summary at 20 kg payload (detailed model).

Metric	Classical PID	PID + FF	Fuzzy PID
Max. tracking error during the move (µm)	29.8	7.8	30.2
RMS tracking error during the move (µm)	12.1	1.8	11.8
ITAE, trajectory test (µm·s²)	11.82	6.21	11.94
Peak deviation, 100 N step force (µm)	38.5	37.9	38.2
Recovery to ±10 µm after the force (ms)	61	63	60
Peak current, trajectory test (A)	5.62	5.61	5.68
2 mm step: overshoot (%)	20.9	19.9	11.2
2 mm step: settling to ±10 µm (ms)	129	76	89
10 mm step: overshoot (%)	32.0	34.2	21.3
10 mm step: settling to ±10 µm (ms)	150	150	179
Residual error at standstill (µm)	0.57	0.57	0.57

Motor heating (125 °C) did not affect the stability of any of the three controllers. As the torque constant decreases, the loop gain decreases, and M_s drops from 1.49 to 1.40–1.43. In contrast, the maximum tracking error rises to 34.4 µm in the classical PID and fuzzy PID controllers and to 10.8 µm in the PID + FF controller; the response to a 100 N disturbance increases to 43–44 µm. In the standstill test, the residual error is approximately 0.57 µm for all three controllers and is at the level of the encoder resolution. However, since the model does not include static friction or the Stribeck effect, oscillation caused by stick-slip is not expected; this result applies only to the friction model used.

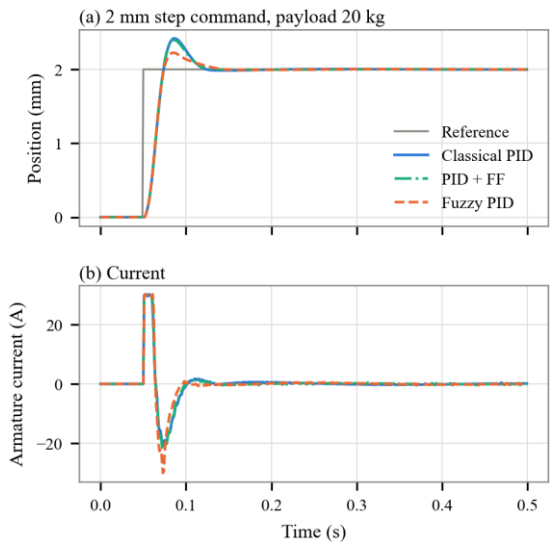


Figure 7. 2 mm step command at 20 kg payload: (a) table position, (b) motor current.

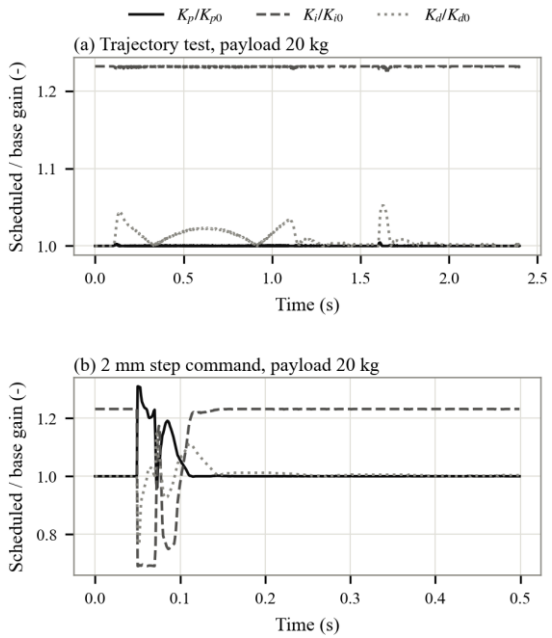


Figure 8. Fuzzy PID gains relative to their base values: (a) trajectory test, (b) 2 mm step command (20 kg).

In summary, at the equilibrium point and under the same M_s constraint, the feedback loops of the three controllers are nearly identical; therefore, there is no significant difference among them in terms of disturbance suppression. The major difference in tracking performance stems from the feedforward term. Fuzzy gain scheduling, however, is effective only in cases of large errors and saturation. In terms of computational load, PID + FF adds only two multiplications and two additions to the classical PID; fuzzy PID, on the other hand, requires one table lookup and three additional parameters. The tuning times on an 8-core computer were 44, 67, and 218 seconds, respectively.

4. CONCLUSION

In this study, a DC motor-driven ball screw positioning system modeled using actual catalog data was used to compare classical PID, PID + FF, and fuzzy PID controllers. The controllers were tuned using the same optimization method and cost function, under the same robustness constraint at the equilibrium point. The main results are as follows:

1. At a 20 kg load, the maximum tracking error with PID + FF was 7.8 µm, which is approximately four times lower than that of the classical PID (29.8 µm). PID + FF provided the best tracking performance across the entire load range.

2. Fuzzy PID reduced overshoot by approximately 10 percentage points during step commands that drove the current to saturation (from 20.9% to 11.2% at 2 mm), but did not outperform classical PID in trajectory tracking. The trade-off is a reduction in the robustness

margin of the coefficients generated by the rule base (worst-case M_s = 2.0 within the design range).

3. The response to a 100 N disturbance is approximately 38 µm for all three controllers. At the equilibrium point, under the same M_s constraint, disturbance rejection is determined by the feedback loop, and these loops are nearly identical.

4. All three controllers remained stable under a 100 kg load and when the motor was hot (125 °C).

In applications where trajectory tracking is critical, adding velocity and acceleration feedforward to the PID controller provides the greatest improvement with the least effort. Fuzzy gain scheduling, on the other hand, can be considered in applications where large-step and saturated positioning movements predominate. Limitations of the study include: results being based on simulation; assumptions regarding certain values such as current-loop bandwidth, encoder resolution, and axial damping; friction being modeled solely as smoothed Coulomb friction (excluding static friction and the Stribeck effect); and only the screw shaft being considered for stiffness. Furthermore, the robustness analysis performed by keeping the coefficients constant for the fuzzy PID controller does not guarantee the stability of a system with coefficients that vary over time; the stability of this controller has been supported only by simulations. Future work aims to validate the results in an experimental setup and to make the feedforward control adaptive by incorporating load estimation.

REFERENCES

Açıkgöz, H., Keçecioğlu, Ö. F., Gani, A., & Şekkeli, M. (2014). Lineer kuadratik regülatör ve genetik tabanlı PID denetleyici ile doğru akım motorunun hız denetimi [Speed control of a DC motor with a linear quadratic regulator and a genetic-algorithm-based PID controller]. In *International Conference and Exhibition on Electronic, Computer and Automation Technologies* (pp. 95–99).

Altintas, Y., Verl, A., Brecher, C., Uriarte, L., & Pritschow, G. (2011). Machine tool feed drives. *CIRP Annals*, *60(2)*, 779–796. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2011.05.010

Ang, K. H., Chong, G., & Li, Y. (2005). PID control system analysis, design, and technology. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, *13*(4), 559–576. https://doi.org/10.1109/TCST.2005.847331

Armstrong-Hélouvry, B., Dupont, P., & Canudas de Wit, C. (1994). A survey of models, analysis tools and compensation methods for the control of machines with friction. *Automatica*, *30*(7), 1083–1138. https://doi.org/10.1016/0005-1098(94)90209-7

Åström, K. J., Panagopoulos, H., & Hägglund, T. (1998). Design of PI controllers based on non-convex optimization. *Automatica*, *34*(5), 585–601. https://doi.org/10.1016/S0005-1098(98)00011-9

Boerlage, M., Steinbuch, M., Lambrechts, P., & van de Wal, M. (2003). Model-based feedforward for motion systems. In *Proceedings of 2003 IEEE Conference on Control Applications* (Vol. 2, pp. 1158–1163). IEEE. https://doi.org/10.1109/CCA.2003.1223174

Das, S., & Suganthan, P. N. (2011). Differential evolution: A survey of the state-of-the-art. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, *15*(1), 4–31. https://doi.org/10.1109/TEVC.2010.2059031

Erkorkmaz, K., & Altintas, Y. (2001). High speed CNC system design. Part II: Modeling and identification of feed drives. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, *41(10)*, 1487–1509. https://doi.org/10.1016/S0890-6955(01)00003-7

Flash, T., & Hogan, N. (1985). The coordination of arm movements: An experimentally confirmed mathematical model. *Journal of Neuroscience*, *5*(7), 1688–1703.

Foo, J. E., Chong, S. H., Hee, W. K., Loh, S. L., & Hashim, N. (2016). Fast positioning performance in ball screw mechanism with disturbance observer. *Jurnal Teknologi*, *78*(8), 71–78. https://doi.org/10.11113/jt.v78.7028

Gordon, D. J., & Erkorkmaz, K. (2013). Accurate control of ball screw drives using pole-placement vibration damping and a novel trajectory prefilter. *Precision Engineering*, *37(2)*, 308–322. https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2012.09.009

Kamalzadeh, A., & Erkorkmaz, K. (2007). Compensation of axial vibrations in ball screw drives. *CIRP Annals*, *56*(1), 373–378. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2007.05.087

Khosravi, M., Behrunani, V., Myszkorowski, P., Smith, R. S., Rupenyan, A., & Lygeros, J. (2022). Performance-driven cascade controller tuning with Bayesian optimization. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, *69*(1), 1032–1042. https://doi.org/10.1109/TIE.2021.3050356

Koç, H., Berzener, B. S., Yaren, T., & Kizir, S. (2021). Gerçek zamanlı DC motor konum-hız ve konum-hız-tork kaskad PID denetleyici performanslarının karşılaştırılması [Comparison of real-time position-velocity and position-velocity-torque cascade PID controller performances for a DC motor]. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *21*(4), 985–995. https://doi.org/10.35414/akufemubid.867826

Liu, Q., Lu, H., Yonezawa, H., Yonezawa, A., Kajiwara, I., & Wang, B. (2023). Grey-wolf-optimization-algorithm-based tuned P-PI cascade controller for dual-ball-screw feed drive systems. *Mathematics*, *11*(10), Article 2259. https://doi.org/10.3390/math11102259

Mamdani, E. H. (1974). Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers*, *121*(12), 1585–1588. https://doi.org/10.1049/piee.1974.0328

maxon. (n.d.). *RE 65 Ø65 mm, graphite brushes, 250 Watt, part number 353297* [Product data]. Retrieved October 20, 2026, from https://www.maxongroup.com/maxon/view/product/353297

Mudi, R. K., & Pal, N. R. (1999). A robust self-tuning scheme for PI- and PD-type fuzzy controllers. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, *7*(1), 2–16. https://doi.org/10.1109/91.746295

Okwudire, C. E., & Altintas, Y. (2009). Hybrid modeling of ball screw drives with coupled axial, torsional, and lateral dynamics. *Journal of Mechanical Design*, *131*(7), Article 071002. https://doi.org/10.1115/1.3125887

Precup, R.-E., & Hellendoorn, H. (2011). A survey on industrial applications of fuzzy control. *Computers in Industry*, *62*(3), 213–226. https://doi.org/10.1016/j.compind.2010.10.001

Storn, R., & Price, K. (1997). Differential evolution – A simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces. *Journal of Global Optimization*, *11*, 341–359. https://doi.org/10.1023/A:1008202821328

Taguchi, H., & Araki, M. (2000). Two-degree-of-freedom PID controllers—Their functions and optimal tuning. *IFAC Proceedings Volumes*, *33*, 91–96. https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)38226-5

THK. (n.d.-a). Example ball screw selections. In *General catalog: Ball screw* (pp. B15-69–B15-81). Retrieved October 20, 2026, from https://tech.thk.com/en/products/pdf/en_b15_069.pdf

THK. (n.d.-b). *Studying the rigidity*. Retrieved October 20, 2026, from https://www.thk.com/eu/en/products/ball_screw/selection/0011/

Varanasi, K. K., & Nayfeh, S. A. (2004). The dynamics of lead-screw drives: Low-order modeling and experiments. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, *126*(2), 388–396. https://doi.org/10.1115/1.1771690

Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., Burovski, E., Peterson, P., Weckesser, W., Bright, J., van der Walt, S. J., Brett, M., Wilson, J., Millman, K. J., Mayorov, N., Nelson, A. R. J., Jones, E., Kern, R., Larson, E., … SciPy 1.0 Contributors. (2020). SciPy 1.0: Fundamental algorithms for scientific computing in Python. *Nature Methods*, *17*, 261–272. https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2

Zhao, Z.-Y., Tomizuka, M., & Isaka, S. (1993). Fuzzy gain scheduling of PID controllers. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, *23*(5), 1392–1398. https://doi.org/10.1109/21.260670

Zhu, M., Bao, D., & Huang, X. (2023). The design of a tracking controller for flexible ball screw feed system based on integral sliding mode control with a generalized extended state observer. *Actuators*, *12*(10), Article 387. https://doi.org/10.3390/act12100387

GERÇEK ÇİFTLİK KOŞULLARINDA YOLO11 İLE SIĞIR SEGMENTASYONU: ÇOKLU HAYVAN GÖRÜNTÜLERİNDE HEDEF SEÇİMİ VE GÖRSEL KALİTE DEĞERLENDİRMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Furkan KESKENLER
Atatürk University, Faculty of Engineering, Department of Artificial Intelligence and Data Engineering, 25240, Erzurum, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-7604-4179
Prof. Dr. İbrahim Yücel ÖZBEK
Atatürk University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, 25240, Erzurum, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-5734-7430
Doç. Dr. Emin Argun ORAL
Atatürk University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, 25240, Erzurum, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-8120-9679
Prof. Dr. Eyüp Fahri KESKENLER
Bayburt University, Faculty of Education, Department of Basic Education, 69000, Bayburt, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-6762-856X

ÖZET

Gerçek çiftlik koşullarında elde edilen sığır görüntülerinin otomatik olarak işlenmesi, hayvanların arka plandan ayrıştırılmasını ve aynı görüntüde birden fazla hayvan bulunduğunda ilgili bireyin doğru seçilmesini gerektirmektedir. Bu çalışmada, YOLO11 tabanlı örnek segmentasyonu modellerinin saha görüntülerindeki davranışlarının incelenmesi ve hedef hayvan seçimine yönelik bir işlem yaklaşımının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, bu çalışma kapsamında oluşturulan 179 farklı sığıra ait 5712 × 4284 piksel çözünürlüğündeki yandan çekilmiş görüntüler kullanılmıştır. Ön değerlendirme kapsamında YOLO11n-seg, YOLO11s-seg ve YOLO11m-seg modelleri segmentasyon açısından güçlük içeren üç görüntü üzerinde karşılaştırılmıştır. Ardından YOLO11s-seg modeli tüm veri setine uygulanmış ve birden fazla adayın bulunduğu görüntülerde maske alanı, güven skoru ve görüntü merkezine yakınlık ölçütlerine dayalı ağırlıklı bir hedef seçim yaklaşımı kullanılmıştır. Standart çıkarım koşullarında 179 görüntünün 178'inde en az bir sığır maskesi elde edilerek %99,44 görüntü düzeyinde maske üretme oranına ulaşılmıştır. Maske üretilemeyen tek görüntüde giriş boyutunun artırılması ve güven eşiğinin düşürülmesiyle ek bir tespit gerçekleştirilmiştir. Görsel incelemelerde, birçok görüntüde hedef sığırın genel siluetinin ayrıştırılabildiği, ancak metal çitler, kısmi örtülmeler ve çoklu hayvan varlığının maske bütünlüğü açısından güçlük oluşturabildiği gözlenmiştir. Çalışma, gerçek çiftlik görüntülerinde otomatik segmentasyonun uygulanabilirliğini gösterirken, güvenilir morfolojik öznitelik çıkarımı için hedef seçimi ve segmentasyon sonrası kalite kontrolünün birlikte ele alınması gerektiğine işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: YOLO11, sığır segmentasyonu, örnek segmentasyonu, hedef hayvan seçimi, görüntü işleme

CATTLE SEGMENTATION USING YOLO11 UNDER REAL FARM CONDITIONS: TARGET SELECTION AND VISUAL QUALITY ASSESSMENT IN MULTI-ANIMAL IMAGES

ABSTRACT

The automated processing of cattle images acquired under real farm conditions requires separating animals from the background and accurately selecting the target individual when multiple animals are present in the same image. This study aimed to investigate the performance of YOLO11-based instance segmentation models on images captured under real farm conditions and to evaluate a processing approach for target animal selection. The dataset consisted of lateral images of 179 individual cattle, collected specifically for this study, each with a resolution of 5712 × 4284 pixels. In the preliminary evaluation, YOLO11n-seg, YOLO11s-seg, and YOLO11m-seg models were compared using three images presenting challenging segmentation conditions. Subsequently, YOLO11s-seg was applied to the entire dataset, and a weighted target selection approach based on mask area, confidence score, and proximity to the image center was employed when multiple candidates were detected. Under standard inference conditions, at least one cattle mask was obtained in 178 of the 179 images, corresponding to an image-level mask generation rate of 99.44%. For the single image in which no mask was initially generated, an additional detection was achieved by increasing the input image size and lowering the confidence threshold. Visual inspections indicated that the overall silhouette of the target animal could be segmented in many images; however, metal fences, partial occlusions, and the presence of multiple animals posed challenges to mask integrity. The findings demonstrate the feasibility of automated segmentation in real farm environments and highlight the importance of integrating target animal selection with post-segmentation quality control to ensure reliable extraction of morphological features.

Keywords: YOLO11, cattle segmentation, instance segmentation, target animal selection, image processing

1. GİRİŞ

Hayvancılık işletmelerinde dijital teknolojilerin yaygınlaşması, hayvanların izlenmesi, fiziksel gelişimlerinin değerlendirilmesi ve işletme yönetiminde veri temelli kararların desteklenmesi açısından yeni olanaklar sunmaktadır. Özellikle bilgisayarlı görü ve derin öğrenme yöntemleri, hayvanların fiziksel temas gerektirmeden analiz edilmesine yönelik uygulamalarda giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar, hayvanların görüntüler üzerinden tespit

edilmesini, vücut bölgelerinin belirlenmesini ve morfolojik özniteliklerinin çıkarılmasını mümkün kılmaktadır. Qiao vd. (2023), farklı aydınlatma koşulları, örtülmeler ve görüntüleme açılarının sığır tespitinde oluşturduğu güçlükleri ele alarak YOLO tabanlı yaklaşımların hassas hayvancılık uygulamalarındaki potansiyelini ortaya koymuştur.

Görüntü tabanlı hayvan analizinde temel aşamalardan biri, ilgili hayvanın görüntü içerisindeki konumunun belirlenmesi ve arka plandan ayrıştırılmasıdır. Nesne tespiti yöntemleri hayvanların konumlarını sınırlayıcı kutular aracılığıyla belirlerken, örnek segmentasyonu her bir hayvana ait görünür piksel bölgesinin ayrı bir maske olarak elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu maskeler, gövde alanı, siluet genişliği, yükseklik ve geometrik oranlar gibi morfolojik özniteliklerin hesaplanması açısından önem taşımaktadır. Wang vd. (2023), hassas hayvancılıkta kullanılan üç boyutlu bilgisayarlı görü yöntemlerini inceleyerek sığırların vücut ölçümlerinin ve büyüme süreçlerinin temassız biçimde izlenmesinde görüntü tabanlı yaklaşımların önemini ortaya koymuştur. Devi vd. (2024), süt sığırlarının doğrusal vücut niteliklerinin otomatik değerlendirilmesinde derin öğrenme tabanlı segmentasyon ve anatomik ölçüm işlemlerini birlikte ele almıştır. Weng vd. (2025) ise anatomik anahtar noktaların tespit edilmesine dayalı üç boyutlu vücut ölçümlerini inceleyerek bilgisayarlı görü yöntemlerinin hayvancılık uygulamalarındaki kullanımını değerlendirmiştir.

Bununla birlikte, gerçek çiftlik koşullarında elde edilen görüntüler, kontrollü ortamlarda oluşturulan veri setlerine kıyasla çeşitli güçlükler içermektedir. Metal çitler ve işletme ekipmanları hayvanların belirli vücut bölgelerini örtebilmekte, aynı görüntüde birden fazla hayvanın bulunması bireylerin birbirinden ayrıştırılmasını zorlaştırabilmektedir. Ayrıca hayvanların duruşları, görüntüleme mesafeleri, arka plan yapıları ve aydınlatma koşulları segmentasyon çıktılarının bütünlüğünü etkileyebilmektedir. Bu nedenle gerçek saha görüntülerinde yalnızca hayvanın tespit edilmesi yeterli olmayıp, elde edilen maskenin analiz edilmesi amaçlanan bireye ait olması ve görünür vücut sınırlarını uygun biçimde kapsaması da gerekmektedir.

Derin öğrenme tabanlı nesne tespiti ve segmentasyon yaklaşımları arasında YOLO modelleri, farklı büyüklüklerdeki mimarileri ve çeşitli bilgisayarlı görü görevlerini desteklemeleri nedeniyle yaygın biçimde kullanılmaktadır. Ultralytics tarafından geliştirilen YOLO11, nesne tespitinin yanı sıra örnek segmentasyonunu da destekleyen ve farklı hesaplama gereksinimlerine sahip model seçenekleri sunan bir mimaridir (Jocher & Qiu, 2024). Bununla birlikte, model büyüklüğünün artması her görüntüde daha bütünlüklü segmentasyon çıktıları elde edileceği anlamına gelmemektedir. Bu nedenle model seçiminin saha koşulları,

segmentasyon çıktılarının niteliği ve hesaplama gereksinimleri birlikte değerlendirilerek yapılması önem taşımaktadır.

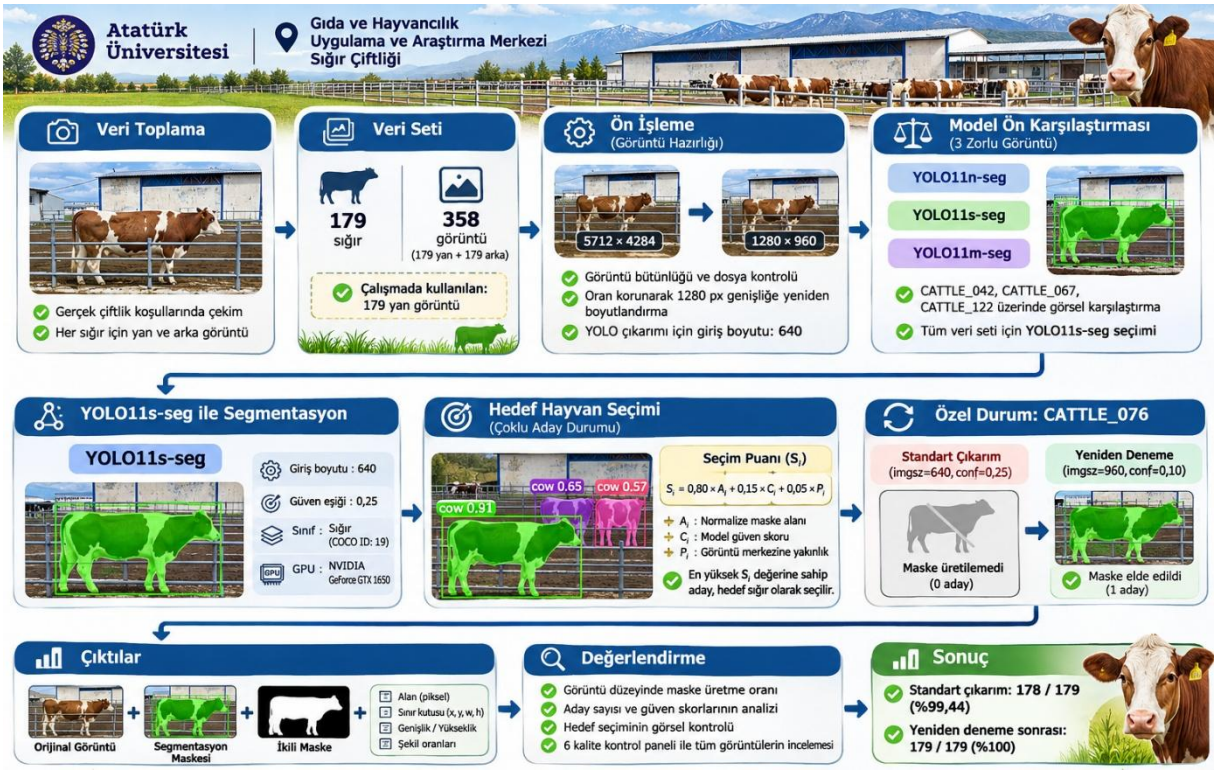
Mevcut araştırmalar, sığırların görüntüler üzerinden tespit edilmesi ve morfolojik ölçümlerinin gerçekleştirilmesi konusunda önemli gelişmeler ortaya koymaktadır. Ancak gerçek çiftlik koşullarında, özellikle birden fazla hayvanın bulunduğu görüntülerde, segmentasyon maskelerinin oluşturulması ile analiz edilecek hedef bireyin belirlenmesi birbirini tamamlayan ancak ayrı değerlendirilmesi gereken aşamalardır. En yüksek güven skoruna sahip segmentasyon adayının her zaman hedef hayvana karşılık gelmemesi, maske alanı ve görüntüdeki konum gibi ek ölçütlerin dikkate alınmasını gerekli kılmaktadır.

Bu çalışmada, gerçek çiftlik koşullarında elde edilen 179 farklı sığıra ait yan görüntüler kullanılarak YOLO11 tabanlı örnek segmentasyonu ve hedef hayvan seçimi değerlendirilmiştir. Öncelikle YOLO11n-seg, YOLO11s-seg ve YOLO11m-seg modellerinin seçilmiş zorlu görüntülerdeki çıktıları karşılaştırılmış, ardından YOLO11s-seg modeli tüm veri setine uygulanmıştır. Birden fazla segmentasyon adayının bulunduğu görüntülerde maske alanı, model güven skoru ve görüntü merkezine yakınlık ölçütlerini birleştiren ağırlıklı bir hedef seçim yaklaşımı kullanılmıştır. Çalışmanın temel katkısı, gerçek çiftlik görüntülerinde segmentasyonun uygulanabilirliğini incelemenin yanı sıra hedef hayvan seçimini ve segmentasyon sonrası görsel kalite kontrolünü bütünleşik bir işlem akışı içerisinde ele almasıdır. Böylece sonraki aşamalarda gerçekleştirilecek morfolojik öznitelik çıkarımı ve görüntü tabanlı ölçüm uygulamaları için güvenilir bir ön işleme altyapısının oluşturulması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, gerçek çiftlik koşullarında elde edilen sığır görüntülerinin otomatik segmentasyonu ve çoklu hayvan içeren sahnelerde hedef bireyin seçilmesi amacıyla YOLO11 tabanlı bir görüntü işleme yaklaşımı uygulanmıştır. Araştırma süreci; görüntülerin elde edilmesi, veri bütünlüğünün kontrolü, görüntülerin ön işlenmesi, segmentasyon modellerinin ön karşılaştırması, hedef hayvanın belirlenmesi ve elde edilen maskelerin değerlendirilmesi aşamalarından oluşturulmuştur. Atatürk Üniversitesi Gıda ve Hayvancılık Uygulama ve Araştırma Merkezi sığır çiftliğinden elde edilen görüntüler üzerinde öncelikle üç farklı YOLO11 segmentasyon modeli karşılaştırılmış, ardından seçilen model tüm veri setine uygulanmıştır. Birden fazla sığırın bulunduğu görüntülerde hedef bireyin belirlenmesi için maske alanı, model güven skoru ve görüntü merkezine yakınlık ölçütlerinden yararlanılmıştır. Segmentasyon çıktıları görüntü düzeyinde maske elde edilme durumu ve görsel kalite kontrolü

açısından değerlendirilmiş, standart koşullarda tespit gerçekleştirilemeyen görüntü için alternatif çıkarım parametreleri uygulanmıştır. Araştırmada izlenen işlem adımları Şekil 1'de sunulmuş olup, kullanılan veri seti, segmentasyon modelleri, hedef seçim yaklaşımı ve değerlendirme süreci aşağıdaki alt başlıklarda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.



Şekil 1. Gerçek çiftlik görüntülerinin YOLO11 tabanlı segmentasyonu ve hedef hayvan seçimi için uygulanan işlem akışı.

2.1. Veri seti ve görüntülerin elde edilmesi

Araştırmada kullanılan görüntüler, Atatürk Üniversitesi Gıda ve Hayvancılık Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesindeki sığır çiftliğinden elde edilmiştir. Veri seti, 179 farklı sığıra ait yandan ve arkadan çekilmiş toplam 358 dijital görüntüden oluşmaktadır. Bu çalışmada, hayvanların görünür vücut siluetlerinin segmentasyonuna odaklanıldığından yalnızca 179 yan görüntü değerlendirmeye alınmıştır. Görüntülerin tamamı 5712 × 4284 piksel çözünürlüğünde olup her bir hayvana ait görüntüler benzersiz kimlik numaralarıyla ilişkilendirilmiştir.

Görüntüler kontrollü bir laboratuvar ortamı yerine doğrudan çiftlik koşullarında elde edildiğinden metal çitler, farklı arka plan yapıları, değişken görüntüleme mesafeleri, kısmi örtülmeler ve aynı sahnede birden fazla sığırın bulunması gibi durumları içermektedir. Her görüntüde analiz edilmesi amaçlanan hedef hayvan, ön planda bulunan ve görüntüde en büyük alanı kaplayan sığır olarak belirlenmiştir. Bu tanımlama, sonraki aşamada uygulanacak otomatik hedef seçim yaklaşımının temelini oluşturmaktadır.

Segmentasyon öncesinde görüntü dosyalarının okunabilirliği, çözünürlükleri ve hayvan kimlikleriyle eşleşmeleri kontrol edilmiştir. Yapılan kontroller sonucunda 179 yan görüntünün tamamının kullanılabilir olduğu doğrulanmıştır. Görüntüler, orijinal en-boy oranları korunarak 1280 piksel genişliğe yeniden boyutlandırılmış ve segmentasyon modellerinin girişine uygun hâle getirilmiştir. Veri setinin temel özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Araştırmada kullanılan görüntü veri setinin temel özellikleri.

Veri seti özelliği	**Değer**
Veri kaynağı	Atatürk Üniversitesi Gıda ve Hayvancılık Uygulama ve Araştırma Merkezi
Hayvan sayısı	179
Toplam görüntü sayısı	358
Yan görüntü sayısı	179
Arka görüntü sayısı	179
Çalışmada kullanılan görüntü	179 yan görüntü
Orijinal çözünürlük	5712 × 4284 piksel
Ön işleme sonrası çözünürlük	1280 × 960 piksel
Hedef hayvan	Ön plandaki en büyük sığır
Görüntüleme ortamı	Gerçek çiftlik koşulları

2.2. YOLO11 tabanlı örnek segmentasyonu

Sığırların arka plandan ayrıştırılması amacıyla Ultralytics YOLO11 mimarisinin örnek segmentasyonu için geliştirilmiş YOLO11n-seg, YOLO11s-seg ve YOLO11m-seg modelleri kullanılmıştır (Jocher & Qiu, 2024). Modeller, önceden eğitilmiş ağırlıklarıyla kullanılmış ve bu çalışma kapsamında ek eğitim veya ince ayar işlemi gerçekleştirilmemiştir.

İlk aşamada üç model, metal çitler ve çoklu hayvan varlığı nedeniyle segmentasyon açısından güçlük oluşturduğu gözlenen CATTLE_042, CATTLE_067 ve CATTLE_122 görüntüleri üzerinde karşılaştırılmıştır. Bu ön değerlendirmede tespit edilen aday sayıları ve segmentasyon maskelerinin görsel bütünlüğü incelenmiştir. Elde edilen gözlemler ve model büyüklükleri dikkate alınarak tüm veri setinin işlenmesinde YOLO11s-seg tercih edilmiştir. Üç görüntüyle sınırlı bu karşılaştırma, modellerin genel başarım sıralamasını belirleyen kapsamlı bir deney olarak değerlendirilmemiştir.

Ana segmentasyon aşamasında görüntüler en-boy oranları korunarak 1280 piksel genişliğe yeniden boyutlandırılmış ve modelin çıkarım giriş boyutu 640 olarak belirlenmiştir. Güven eşiği 0,25 olarak uygulanmış ve yalnızca COCO veri setindeki sığır sınıfına karşılık gelen 19

numaralı sınıfın çıktıları değerlendirilmiştir. İşlemler NVIDIA GeForce GTX 1650 grafik işlemcisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her görüntü için tespit edilen sığır adayları, güven skorları ve segmentasyon maskeleri kaydedilmiştir.

2.3. Hedef hayvan seçimi ve maske çıktıları

Gerçek çiftlik görüntülerinde birden fazla sığırın bulunabilmesi nedeniyle model tarafından üretilen bütün maskeler doğrudan hedef hayvana ait kabul edilmemiştir. Bu amaçla her aday için normalize edilmiş maske alanı, model güven skoru ve görüntü merkezine yakınlık ölçütlerini birleştiren ağırlıklı bir seçim puanı hesaplanmıştır.

Hedef seçim puanı = 0,80 × normalize edilmiş maske alanı + 0,15 × güven skoru + 0,05 × merkezilik puanı

En yüksek toplam puana sahip aday, ilgili görüntünün hedef sığırı olarak seçilmiştir. Maske alanına verilen yüksek ağırlık, görüntülerde hedef hayvanın ön planda ve en büyük sığır olması bilgisine dayandırılmıştır. Güven skoru ve merkezilik ölçütleri ise seçim işleminde yardımcı değişkenler olarak kullanılmıştır. Bu puanlama, hedef seçimini otomatikleştirmek amacıyla tanımlanmış sezgisel bir yaklaşımdır; katsayılar veri üzerinden optimize edilmiş parametreler olarak değerlendirilmemiştir.

Seçilen adayın ikili segmentasyon maskesi ve orijinal görüntü üzerine yerleştirilmiş görsel çıktısı kaydedilmiştir. Ayrıca maske alanı, sınırlayıcı kutu boyutları ve geometrik oranlar gibi sonraki analizlerde kullanılabilecek morfolojik öznitelikler hesaplanmıştır. Bununla birlikte, bu çalışmanın değerlendirme kapsamı segmentasyon ve hedef seçimi aşamalarıyla sınırlandırılmış; morfolojik özniteliklere dayalı canlı ağırlık tahmini gerçekleştirilmemiştir.

2.4. Değerlendirme ve Kalite Kontrol Protokolü

Segmentasyon sonuçları öncelikle görüntü düzeyinde en az bir sığır maskesi elde edilip edilmediğine göre değerlendirilmiştir. Ayrıca görüntü başına tespit edilen aday sayısı, seçilen maskenin güven skoru ve orijinal görüntüyle örtüştürülmüş segmentasyon çıktıları incelenmiştir.

Görsel kalite kontrolü amacıyla 179 görüntünün tamamını kapsayan altı inceleme paneli oluşturulmuştur. Bu panellerde özellikle hedef hayvanın seçimi, gövde ve bacakların maskeye dâhil edilmesi, metal çitlerin neden olduğu örtülmeler ve çoklu hayvan sahnelerindeki maske bütünlüğü değerlendirilmiştir. Birden fazla adayın bulunması veya düşük güven skoru, tek başına hatalı segmentasyon göstergesi olarak kabul edilmemiştir.

Standart çıkarım koşullarında maske üretilemeyen CATTLE_076 görüntüsü için ayrı bir yeniden deneme uygulanmıştır. Bu denemede modelin giriş boyutu 960'a yükseltilmiş ve güven

eşiği 0,10'a düşürülmüştür. Yeniden deneme sonucunda sığır maskesi elde edilmiş, ancak bu çıktı standart çıkarım deneyinden ayrı kaydedilmiştir.

Veri setinde piksel düzeyinde elle oluşturulmuş referans maskeler bulunmadığından IoU ve Dice gibi örtüşme tabanlı segmentasyon ölçütleri hesaplanmamıştır. Bu nedenle sonuçlar, görüntü düzeyinde maske üretme başarısı ve görsel kalite kontrol bulguları çerçevesinde yorumlanmıştır.

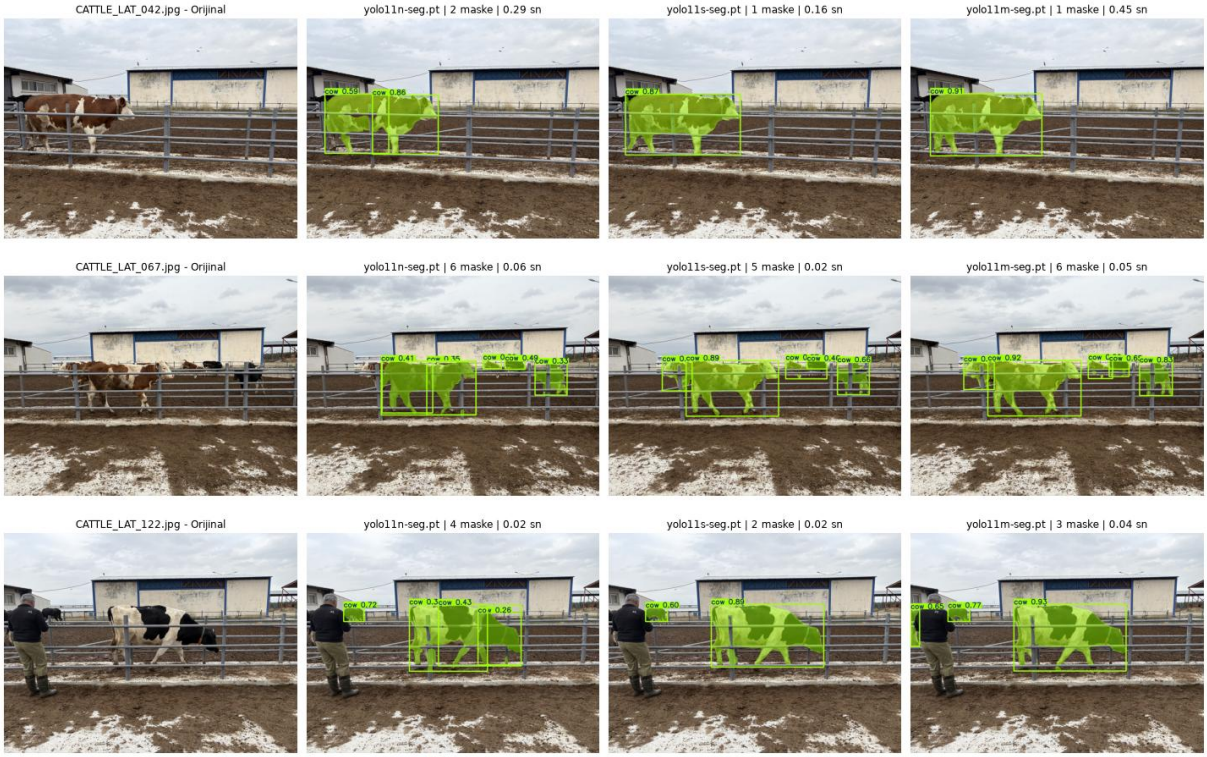
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. YOLO11 modellerinin ön karşılaştırması

YOLO11n-seg, YOLO11s-seg ve YOLO11m-seg modellerinin segmentasyon davranışları, metal çitler ve çoklu hayvan varlığı nedeniyle güçlük oluşturduğu belirlenen üç görüntü üzerinde incelenmiştir. CATTLE_042, CATTLE_067 ve CATTLE_122 görüntülerinde elde edilen sığır maskesi sayıları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. YOLO11 modellerinin seçilmiş görüntülerde ürettiği sığır maskesi sayıları

Görüntü	YOLO11n-seg	YOLO11s-seg	YOLO11m-seg
CATTLE_042	2	1	1
CATTLE_067	6	5	6
CATTLE_122	4	2	3



Şekil 2. Seçilmiş zorlu çiftlik görüntülerinde YOLO11n-seg, YOLO11s-seg ve YOLO11m-seg modellerinin segmentasyon çıktılarının karşılaştırılması.

Görsel karşılaştırmada YOLO11n-seg modelinin bazı görüntülerde hedef sığıra ait maskeyi parçalı biçimde oluşturduğu, YOLO11s-seg ve YOLO11m-seg modellerinin ise incelenen örneklerde daha bütünlüklü siluetler üretebildiği gözlenmiştir. Özellikle CATTLE_042 ve CATTLE_122 görüntülerinde YOLO11s-seg çıktıları, hedef hayvanın görünür vücut sınırlarının temsil edilmesi açısından uygun bulunmuştur. Bununla birlikte, tespit edilen maske sayısının tek başına segmentasyon kalitesini göstermediği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle karşılaştırma, maskelerin görsel bütünlüğü üzerinden yorumlanmıştır.

Üç görüntüyle sınırlı ön değerlendirmede YOLO11m-seg modelinin YOLO11s-seg modeline göre belirgin ve tutarlı bir görsel üstünlüğü gözlenmemiştir. Bu doğrultuda, daha küçük model yapısına sahip YOLO11s-seg, tüm veri setinin işlenmesi için tercih edilmiştir. Ancak bu seçim, modellerin genel segmentasyon başarımına ilişkin istatistiksel bir üstünlük iddiası taşımamaktadır.

3.2. Tüm veri setindeki segmentasyon sonuçları

YOLO11s-seg modeli, standart çıkarım parametreleriyle 179 yan görüntünün tamamına uygulanmıştır. İşlem sonucunda 178 görüntüde en az bir sığır maskesi elde edilirken CATTLE_076 görüntüsünde belirlenen güven eşiğini karşılayan bir tespit oluşturulamamıştır. Böylece standart koşullarda görüntü düzeyinde maske üretme oranı %99,44 olarak hesaplanmıştır.

Maske üretilemeyen CATTLE_076 görüntüsü için gerçekleştirilen ek denemede giriş boyutu 640'tan 960'a yükseltilmiş ve güven eşiği 0,25'ten 0,10'a düşürülmüştür. Bu değişikliklerin ardından görüntüdeki ön plan sığırı için segmentasyon maskesi elde edilmiştir. Böylece iki aşamalı işlem sonunda 179 görüntünün tamamında en az bir sığır maskesi oluşturulmuştur. Ancak bu sonuç, standart çıkarım koşullarındaki %99,44 oranından ayrı değerlendirilmelidir.

Tablo 3. YOLO11s-seg modelinin görüntü düzeyindeki maske üretme sonuçları.

Değerlendirme ölçütü	Sonuç
Toplam görüntü sayısı	179
Standart koşullarda maske elde edilen görüntü	178
Standart koşullarda maske elde edilemeyen görüntü	1
Standart koşullarda maske üretme oranı	%99,44
Alternatif parametrelerle maske elde edilen ek görüntü	1
İki aşamalı işlem sonunda maske elde edilen görüntü	179
İki aşamalı işlem sonunda maske üretme oranı	%100



Şekil 3. CATTLE_076 görüntüsünün (a) orijinal hâli ve (b) alternatif çıkarım parametreleriyle (giriş boyutu 960, güven eşiği 0,10) elde edilen segmentasyon sonucu.

Elde edilen yüksek maske üretme oranı, YOLO11s-seg modelinin gerçek çiftlik koşullarında sığırları tespit edebildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, bir görüntüde en az bir sığır maskesinin bulunması, seçilen maskenin mutlaka hedef hayvana ait olduğu veya hayvanın tüm görünür vücut sınırlarını doğru temsil ettiği anlamına gelmemektedir. Bu nedenle görüntü düzeyindeki tespit sonuçları, segmentasyon doğruluğundan ayrı ele alınmıştır.

3.3. Görsel kalite kontrolü ve saha koşullarının etkisi

Segmentasyon çıktılarının değerlendirilmesi amacıyla 179 görüntünün tamamı altı görsel kontrol paneli üzerinden ön incelemeye alınmıştır. İncelemelerde birçok görüntüde hedef sığırın genel gövde siluetinin ayrıştırılabildiği, ancak bazı örneklerde metal çitler, kısmi örtülmeler ve hayvanların birbirine yakın konumlanmasının maske bütünlüğünü olumsuz etkileyebildiği gözlenmiştir.

Özellikle CATTLE_017, CATTLE_067 ve CATTLE_082 görüntülerinde birden fazla hayvanın aynı sahnede bulunması, hedef hayvan seçimi ve maske sınırlarının değerlendirilmesi açısından dikkat gerektirmiştir. CATTLE_092, CATTLE_144, CATTLE_151 ve CATTLE_167 görüntülerinde ise seçilen maskelerin görece düşük güven skorlarıyla üretildiği belirlenmiştir. Bu durum, güven skorunun tek başına maske kalitesinin göstergesi olarak kullanılmaması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Görsel değerlendirmeler ayrıca bazı görüntülerde hedef hayvanın genel olarak tespit edilmesine rağmen maskenin vücudun belirli bölümlerini eksik kapsayabildiğini göstermiştir. Bu tür eksiklikler, özellikle maske alanı, gövde yüksekliği ve geometrik oranlar gibi morfolojik özniteliklerin hesaplanmasında ölçüm hatalarına yol açabilir. Dolayısıyla görüntü düzeyinde başarılı tespit yapılması, sonraki ölçüm aşamaları için yeterli bir kalite güvencesi sağlamamaktadır.

Çalışmada kullanılan hedef seçim yaklaşımında maske alanına %80 ağırlık verilmesi, veri setindeki hedef hayvanın ön planda ve görüntüde en büyük sığır olması bilgisine dayanmaktadır. Bununla birlikte, çitlerin neden olduğu örtülmeler veya hayvanların birbirleriyle kesişmesi, hesaplanan maske alanının gerçek görünür hayvan alanından farklılaşmasına neden olabilir. Bu nedenle hedef seçimi yaklaşımının doğruluğunun, bağımsız olarak doğrulanmış hayvan kimlikleriyle ayrıca değerlendirilmesi gerekmektedir.

Literatürdeki çalışmalar da gerçek hayvancılık ortamlarında segmentasyon kalitesinin veri yapısı ve görüntüleme koşullarından etkilenebildiğini göstermektedir. Bello vd. (2024), transfer öğrenmesi tabanlı derin öğrenme modellerini sığır örnek segmentasyonu açısından değerlendirirken Feng vd. (2025), sığır görüntülerinde segmentasyon sınırlarının korunmasına yönelik bir mimari geliştirmiştir. Bhujel vd. (2025), hassas hayvancılık alanındaki açık görüntü veri setlerini inceleyerek veri çeşitliliği ve etiketleme yeterliliğinin önemine dikkat çekmiştir. Benzer şekilde Zin ve Tin (2026), bilgisayarlı görü sistemlerinin gerçek hayvancılık işletmelerinde uygulanabilmesi için çevresel değişkenlik ve sistem güvenilirliğinin dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır. Bu çalışmalarla birlikte değerlendirildiğinde, mevcut araştırmada elde edilen yüksek görüntü düzeyinde maske üretme oranının tek başına yeterli olmadığı, hedef hayvan seçiminin ve maske bütünlüğünün ayrıca doğrulanmasının önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Genel olarak bulgular, YOLO11s-seg modelinin gerçek çiftlik görüntülerinde otomatik segmentasyon için uygulanabilir bir başlangıç sunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, piksel düzeyinde referans maskelerin bulunmaması nedeniyle segmentasyonun geometrik doğruluğu nicel olarak belirlenememiştir. Ayrıca modeller arasındaki ön karşılaştırmanın yalnızca üç görüntüyle sınırlandırılmış olması, elde edilen gözlemlerin tüm veri setine genellenmesini kısıtlamaktadır. Bu sınırlılıklar dikkate alındığında, otomatik hedef seçiminin doğrulanması ve sorunlu maskelerin kalite kontrolünden geçirilmesi, ileride gerçekleştirilecek görüntü tabanlı morfolojik ölçümler açısından önem taşımaktadır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, gerçek çiftlik koşullarında elde edilen 179 farklı sığıra ait yan görüntüler üzerinde YOLO11 tabanlı örnek segmentasyonu ve hedef hayvan seçimi değerlendirilmiştir. YOLO11n-seg, YOLO11s-seg ve YOLO11m-seg modellerinin üç zorlu görüntü üzerindeki ön karşılaştırması sonucunda, görsel maske bütünlüğü ve model büyüklüğü birlikte dikkate alınarak YOLO11s-seg modeli tercih edilmiştir. Seçilen modelin tüm veri setine uygulanmasıyla standart çıkarım koşullarında 179 görüntünün 178'inde en az bir sığır maskesi

elde edilmiş ve görüntü düzeyinde %99,44 maske üretme oranına ulaşılmıştır. Başlangıçta maske üretilemeyen tek görüntüde çıkarım parametrelerinin değiştirilmesiyle başarılı bir tespit gerçekleştirilmiş ve iki aşamalı işlem sonunda tüm görüntülerde en az bir maske elde edilmiştir. Görsel incelemeler, YOLO11s-seg modelinin farklı çiftlik koşullarında sığırların genel siluetlerini ayrıştırabildiğini, ancak metal çitler, kısmi örtülmeler ve çoklu hayvan varlığının maske bütünlüğünü etkileyebildiğini göstermiştir. Maske alanı, güven skoru ve merkezilik ölçütlerine dayalı hedef seçim yaklaşımı, ön plandaki sığırın otomatik olarak belirlenmesi için uygulanabilir bir yöntem sunmakla birlikte, seçimin doğruluğunun bağımsız etiketlerle doğrulanması gerekmektedir. Ayrıca görüntü düzeyinde maske elde edilmesi, piksel düzeyinde segmentasyon doğruluğunu garanti etmemektedir.

Sonuç olarak, geliştirilen işlem akışı gerçek çiftlik görüntülerinin otomatik analizinde kullanılabilecek bir segmentasyon ve ön işleme altyapısı sunmaktadır. Gelecek çalışmalarda referans maskeler üzerinden nicel segmentasyon değerlendirmelerinin yapılması, hedef seçim doğruluğunun belirlenmesi ve kalite kontrolünden geçirilen maskelerden çıkarılan morfolojik özniteliklerin canlı ağırlık tahmininde kullanılması planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 1002-A Hızlı Destek Programı kapsamında 225E089 proje numarası ile desteklenmiştir. Yazarlar, sağlanan destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkür eder. Çalışmanın hazırlanmasında yazım ve dil düzenleme süreçlerinde üretken yapay zeka araçlarından faydalanılmıştır.

KAYNAKLAR

Bello, R.-W., Owolawi, P. A., van Wyk, E. A., & Tu, C. (2024). Transfer learning-driven cattle instance segmentation using deep learning models. *Agriculture, 14*(12), Article 2282. https://doi.org/10.3390/agriculture14122282

Bhujel, A., Wang, Y., Lu, Y., Morris, D., & Dangol, M. (2025). A systematic survey of public computer vision datasets for precision livestock farming. *Computers and Electronics in Agriculture, 229*, Article 109718. https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109718

Devi, I., Singh, N., Dudi, K., Ranjan, R., Lathwal, S. S., Tomar, D. S., & Nagar, H. (2024). Deep learning aided computer vision system for automated linear type trait evaluation in dairy cows. *Smart Agricultural Technology, 8*, Article 100509. https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100509

Feng, X., Zhang, J., Qi, Y., Liu, L., & Li, Y. (2025). CATR-Net: Cattle–attentive transformer with adaptive and enhanced segmentation and recognition. *Computers and Electronics in Agriculture, 239*, Article 111038. https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.111038

Jocher, G., & Qiu, J. (2024). *Ultralytics YOLO11* (Version 11.0.0) [Computer software]. GitHub. https://github.com/ultralytics/ultralytics

Qiao, Y., Guo, Y., & He, D. (2023). Cattle body detection based on YOLOv5-ASFF for precision livestock farming. *Computers and Electronics in Agriculture, 204*, Article 107579. https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107579

Wang, Y., Mücher, S., Wang, W., Guo, L., & Kooistra, L. (2023). A review of three-dimensional computer vision used in precision livestock farming for cattle growth management. *Computers and Electronics in Agriculture, 206*, Article 107687. https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107687

Weng, Z., Hao, W., Gong, C., & Zheng, Z. (2025). YOLOv8-DMC: Enabling non-contact 3D cattle body measurement via enhanced keypoint detection. *Animals, 15*(18), Article 2738. https://doi.org/10.3390/ani15182738
Zin, T. T., & Tin, P. (2026). Computer vision in precision livestock farming: Artificial intelligence-driven technologies and applications for sustainable animal production. *Animal Bioscience, 39*(4), Article 260165. https://doi.org/10.5713/ab.260165

A COMPARATIVE REVIEW ON PROCESS DYNAMICS AND MECHANICAL PERFORMANCE OF STANDARD PLA, PLA+, AND HS-PLA IN FUSED DEPOSITION MODELING

Lect. İzel EKİNCİ
Avrasya University, Vocational School, Department of Electronics and Automation, Mechatronics Program, Trabzon, Türkiye
ORCID ID: 0009-0006-9198-0324
Assoc. Prof. Daver ALİ
Karabuk University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Biomedical Engineering, Karabuk, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-8500-7820

ABSTRACT

Polylactic acid (PLA) is the most widely adopted thermoplastic polymer in Fused Deposition Modeling (FDM)-based additive manufacturing, owing to its biocompatibility, low coefficient of thermal shrinkage, and superior processability. However, the inherently low impact toughness and interlaminar interface brittleness of standard PLA (combined with its rheological flow constraints at the elevated extrusion speeds required by advanced printer kinematics) have necessitated the use of modified formulations for functional applications. In this context, impact-modified PLA+ (Tough PLA) and high-speed PLA (HS-PLA), which feature an enhanced melt flow index (MFI), exhibit distinct differences in processing dynamics and final component performance. This review systematically compares standard PLA, PLA+, and HS-PLA materials in terms of melt flow behavior, nozzle temperature windows, printing speed limits, interlayer adhesion quality, and mechanical strength. The synthesized literature data demonstrate that, owing to their shear-thinning behavior, HS-PLA formulations maintain nozzle pressure stability at elevated volumetric flow rates; however, they exhibit a pronounced propensity for stringing under suboptimal cooling conditions. It has been determined that elastomeric additives in the PLA+ polymer matrix delay interlaminar delamination and significantly enhance impact strength, while standard PLA remains a benchmark for dimensional stability and surface finish at conventional printing speeds. The data synthesized in this study provide a practical Design for Additive Manufacturing (DfAM) guideline to facilitate appropriate filament selection based on target criteria for rapid prototyping, load-bearing functional assemblies, and high-throughput serial manufacturing cycles.

Keywords: Fused Deposition Modeling (FDM), Standard PLA, PLA Plus, High-Speed PLA (HS-PLA)

ERİME YIĞMA İLE MODELLEMEDE STANDART PLA, PLA+ VE YÜKSEK HIZLI PLA (HS-PLA) MALZEMELERİNİN PROSES DİNAMİKLERİ VE MEKANİK PERFORMANS AÇISINDAN KARŞILAŞTIRMALI İNCELEMESİ

ÖZET

Polilaktik asit (PLA), biyouyumluluğu, düşük termal büzülme katsayısı ve kolay işlenebilirliği sayesinde, Erime Yığma ile Modelleme (FDM) tabanlı katmanlı imalatta en yaygın olarak kullanılan termoplastik polimerdir. Bununla birlikte, standart PLA' nın doğası gereği düşük darbe dayanımı ve katmanlar arası kırılganlığı (gelişmiş yazıcı kinematiğinin gerektirdiği yüksek ekstrüzyon hızlarındaki reolojik akış kısıtlamalarıyla birleştiğinde), işlevsel uygulamalarda modifiye formülasyonların kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu bağlamda, darbe direnci modifiye edilmiş PLA+ (Toklaştırılmış / Tough PLA) ve geliştirilmiş eriyik akış indeksi (MFI) özelliğine sahip yüksek hızlı PLA (HS-PLA), proses dinamikleri ve nihai bileşen performansı açısından belirgin farklılıklar sergilemektedir. Bu derleme; standart PLA, PLA+ ve HS-PLA malzemelerini eriyik akış davranışı, nozül sıcaklık aralıkları, baskı hızı sınırları, katmanlar arası yapışma kalitesi ve mekanik mukavemet açısından sistematik olarak karşılaştırmaktadır. Derlenen literatür verileri, HS-PLA formülasyonlarının kesme incelmesi davranışları sayesinde yüksek hacimsel akış hızlarında nozül basıncı stabilitesini koruduğunu; ancak, yetersiz soğutma koşullarında belirgin bir ipliklenme eğilimi sergilediklerini göstermektedir. PLA+ polimer matrisi içindeki elastomerik katkı maddelerinin katmanlar arası ayrışmayı geciktirdiği ve darbe dayanımını önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir. Buna karşın standart PLA, geleneksel baskı hızlarında boyutsal kararlılık ve yüzey kalitesi açısından referans malzeme rolünü sürdürmektedir. Bu çalışma kapsamında derlenen veriler, hızlı prototipleme, yük taşıyan fonksiyonel montajlar ve yüksek verimli seri üretim döngüleri için hedef kriterlere dayalı uygun filament seçimini kolaylaştırmak üzere pratik bir Katmanlı İmalat için Tasarım (DfAM) kılavuzu sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Erime Yığma ile Modelleme (FDM), Standart PLA, PLA+, Yüksek Hızlı PLA (HS-PLA)

1.INTRODUCTION

Fused Deposition Modeling (FDM) is a technique categorized within additive manufacturing (AM) technologies. In this process, a thermoplastic filament is melted inside a heated extruder head and deposited layer-by-layer to fabricate structures based on digital design data (Chacón et al., 2017; Liu et al., 2019). Owing to the accessibility of system costs, design freedom, and material versatility, the FDM method has been adopted across a broad industrial spectrum, ranging from rapid prototyping and medical device components to automotive tooling and

aerospace subsystems (Cano-Vicent et al., 2021). Within this ecosystem, polylactic acid (PLA), an aliphatic polyester derived from renewable agricultural resources, stands as the most prominent reference thermoplastic due to its biocompatibility, low coefficient of thermal shrinkage, ability to be printed without a heated enclosed chamber, and high dimensional stability (Chacón et al., 2017; Liu et al., 2019).

Although standard PLA formulations perform well for visual prototyping and components subjected to low mechanical loads, they face significant structural and process-related limitations in engineering applications. Due to its chemical structure, standard PLA exhibits high rigidity and undergoes brittle fracture at room temperature. Owing to its low elongation capacity and poor impact toughness, it is prone to sudden catastrophic failure in assemblies exposed to dynamic loads (Kumar et al., 2023; Naveed, 2021). Furthermore, due to the build-direction (Z-axis) anisotropy and interlayer interfacial weakness inherent to the FDM process, standard PLA parts exhibit limited delamination resistance (Kumar et al., 2023; Rivera-López et al., 2024).

Moreover, the widespread adoption of high-acceleration printer kinematics, such as CoreXY and Delta configurations, has elevated printing speeds in recent years from conventional levels of 40–60 mm/s to the 250–600 mm/s range. Preserving tensile efficiency under these high-speed regimes has become a critical focus for researchers (Farzipour & Hasanzadeh, 2025). Because standard PLA filaments cannot absorb sufficient thermal energy within the heater block at such high volumetric flow rates, their high melt viscosity leads to intra-nozzle pressure fluctuations, extruder gear slippage, and under-extrusion defects (Go et al., 2017; Shaqour et al., 2021). Polymer manufacturers have chemically and rheologically modified the typical PLA matrix to overcome its mechanical brittleness and rheological flow limitations at high printing speeds.

Although numerous parametric optimization studies on standard PLA exist in the literature (Chacón et al., 2017; Rivera-López et al., 2024), review studies that holistically compare impact-modified PLA+ (Tough PLA) and High-Speed PLA (HS-PLA / Hyper-PLA) formulations (specifically engineered for high-speed printing regimes) across the axes of process dynamics, rheological behavior, and mechanical performance remain limited. This study will systematically evaluate PLA, PLA+, and HS-PLA filaments in terms of melt flow index (MFI), nozzle temperature windows, printing speed limits, interlayer bonding quality, and mechanical strength criteria. The obtained results establish a Design for Additive Manufacturing (DfAM) selection guide for engineers and designers.

2. MATERIAL FORMULATIONS AND RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS

2.1. Polymer Matrix Chemistry and Additive Mechanisms

PLA is typically a neat polymer matrix, containing only trace amounts of pigments or stabilizers, that exhibits a semi-crystalline or amorphous morphology depending on the ratio of L-lactide to D-lactide isomers (Liu et al., 2019). The restricted mobility of polymer chains limits mechanical energy dissipation capacity despite a high elastic modulus.

PLA+ (Tough PLA) formulations are blended with elastomeric phases to enhance the toughness of the neat PLA matrix. These phases include polycaprolactone (PCL), thermoplastic polyurethane (TPU), or acrylic core-shell impact modifiers (Naveed, 2021; Rahmatabadi et al., 2022). These rubbery phases are dispersed at the micro- or nanoscale within the polymer matrix and absorb stress concentrations generated under external loading, thereby preventing microcracks or crazes from propagating to a critical fracture size (Al-Tamimi et al., 2023). However, PLA+ is merely a commercial designation, and not all commercially available products are elastomer-modified. Consequently, certain commercial PLA+ filaments may not exhibit comparable toughening efficiency.

HS-PLA (High-Speed PLA) is engineered to achieve maximum flowability at high shear rates rather than mechanical toughness. In these formulations, the weight-average molecular weight (M_w) is controlled and reduced to decrease chain entanglement, while flow-modifying plasticizers and nucleating agents are also incorporated into the matrix (Acierno & Patti, 2023; Kumaresan et al., 2026). The low-viscosity melt exiting the nozzle rapidly solidifies on the build plate via nucleating agents, which helps preserve geometric fidelity at high printing speeds(Ardeljan et al., 2025; Gao & Masato, 2024).

2.2. Melt Flow Index (MFI) and Shear-Thinning Behavior

The relationship between viscosity (η) and shear rate ($\dot{\gamma}$) directly governs the flow of the polymer melt through the nozzle channel during the FDM extrusion process (Pigeonneau et al., 2020; Xu et al., 2023). An indicator of a polymer's flowability under a specific load and temperature is known as the melt flow index (MFI). Under standard testing conditions of 190 °C / 2.16 kg, the MFI value of neat PLA is typically 6–10 g/10 min. However, elastomer-modified PLA+ formulations exhibit lower values of 4-8 g/10 min due to the viscosity-increasing effect of the additive phases (Acierno & Patti, 2023). In HS-PLA formulations, the MFI depends on the manufacturer's design. While high-flow Hyper-PLA grade products can reach values of 15-25 g/10 min (Kumaresan et al., 2026), certain commercial high-speed PLA

filaments operate at elevated speeds via shear-thinning behavior and exhibit MFI values close to those of standard PLA (Farzipour & Hasanzadeh, 2025).

Thermoplastic melts are non-Newtonian pseudoplastic fluids that exhibit shear-thinning behavior, wherein their viscosity decreases with increasing shear rate (Acierno & Patti, 2023; Xu et al., 2023). Passing through a narrow nozzle orifice (e.g., 0.4 mm) at high volumetric flow rates under elevated printing speeds subjects the polymer melt to extremely high shear rates. The shear-thinning behavior of HS-PLA rapidly reduces its apparent viscosity, thereby maintaining the intra-nozzle pressure drop (ΔP) within safe limits (Go et al., 2017; Nzebuka et al., 2022). Because the viscosity of standard PLA does not decrease sufficiently at high flow rates, the pressure increases exponentially, resulting in extrusion instabilities (Shaqour et al., 2021).

2.3. Thermal Properties and Crystallization Kinetics

The glass transition temperatures ($T_g \approx 55\text{-}62$ °C), melting temperatures ($T_m \approx 150\text{-}175$ °C), cold crystallization temperatures (T_{cc}), and crystallization kinetics of standard PLA, PLA+, and HS-PLA vary depending on their additive compositions (Kumaresan et al., 2026; Liu et al., 2019). The elastomeric components within PLA+ partially alter polymer chain mobility, thereby dissipating shrinkage stresses during cooling (Rahmatabadi et al., 2022). The nucleating agents present in HS-PLA ensure the rigidification of the underlying layer before the printhead (operating at high motion accelerations) proceeds to the subsequent layer. This is achieved by lowering the T_{cc} value and shortening the crystallization half-time (Kumaresan et al., 2026).

3. FDM PROCESS DYNAMICS AND PRINTING PARAMETERS

3.1. Nozzle Temperature Windows and Thermal Flow Balance

The duration required for the filament to melt homogeneously to its core within the extruder heater block depends on its residence time in the heating zone (Nzebuka et al., 2022; Pigeonneau et al., 2020). At conventional printing speeds, the optimal nozzle temperature for standard PLA is 195-210 °C (Chacón et al., 2017; Rivera-López et al., 2024). PLA+ formulations require slightly higher temperature windows of 205-225 °C to ensure complete miscibility of the incorporated impact-modifying phases with the matrix and to promote interlayer diffusion (Al-Tamimi et al., 2023; Naveed, 2021).

Due to the low viscosity of HS-PLA materials, the residence time of the filament within the heater block is reduced to milliseconds; nevertheless, HS-PLA can still flow at temperatures as low as 190 °C (Farzipour & Hasanzadeh, 2025; Go et al., 2017). In HS-PLA printing, raising

the nozzle temperature to the 215-235 °C range (and up to 240-250 °C at extreme printing speeds) is necessary to compensate for insufficient heat transfer (cold extrusion) during this brief contact duration (Farzipour & Hasanzadeh, 2025; Kumaresan et al., 2026).

3.2. Printing Speed Limits and Volumetric Flow Capacity

Printing performance should be evaluated not by linear printhead speed (mm/s), but by the volumetric flow rate ($Q = v \cdot h \cdot w$), obtained as the product of print speed (v), layer height (h), and extrusion width (w) (Go et al., 2017). In a typical hotend configuration, the intra-nozzle pressure exceeds its critical threshold when the volumetric flow rate reaches the 10–14 mm^3/s limit (Go et al., 2017; Shaqour et al., 2021). In PLA+ formulations, the stable volumetric flow limit remains at or slightly below 8-12 mm^3/s due to the additional flow resistance induced by the additive phases. Conversely, owing to its low melt viscosity and shear-thinning advantages, HS-PLA can achieve volumetric flow rates ranging from 20 to 28 mm^3/s (Farzipour & Hasanzadeh, 2025; Kumaresan et al., 2026). In practical applications, the speed of printer acceleration limits is constrained in small geometries. To compensate for nozzle pressure lag at high accelerations, pressure advance calibration must be recalibrated according to the material's viscosity.

3.3. Active Cooling Dynamics, Moisture, and Stringing Tendency

The high-flowability advantage of HS-PLA can turn into a disadvantage during non-extruding travel moves of the printhead. Within the nozzle, the low-viscosity melt can readily ooze from the nozzle tip due to gravity and residual pressure (Shaqour et al., 2021). HS-PLA exhibits a tendency toward stringing under conditions of insufficient part-cooling fan capacity or unoptimized retraction distance and speed (Kumaresan et al., 2026). Furthermore, since PLA is a hygroscopic polymer, moisture absorption in low-molecular-weight HS-PLA filaments generates water vapor pressure inside the nozzle, which further exacerbates oozing and stringing. Therefore, pre-printing filament drying is critical. Although operating high-flow cooling fans at high capacity is recommended to prevent sagging and stringing, excessive cooling must be balanced against the risk of reducing interlayer adhesion (Kumaresan et al., 2026; Kuznetsov et al., 2019; Limpadapun & Sukmanee, 2021). Owing to their higher melt viscosities, standard PLA and PLA+ are more tolerant to oozing (Arrigo & Frache, 2022).

3.4. Dimensional Stability and Surface Quality

At conventional printing speeds (40-60 mm/s), standard PLA provides high dimensional accuracy and smooth surface aesthetics owing to its low coefficient of thermal expansion and controlled solidification behavior (Chacón et al., 2017; Liu et al., 2019). PLA+ parts may be

slightly less dimensionally consistent at sharp corners and thin walls compared to standard PLA parts due to slight die swell induced by elastomeric additives and enhanced toughness (Naveed, 2021). In high-speed printing with HS-PLA, layer-line prominence caused by rapid cooling and mechanical vibrations (ringing/ghosting) can reduce surface gloss and slightly widen dimensional tolerances at the micro level (Farzipour & Hasanzadeh, 2025).

4. INTERLAYER ADHESION AND MECHANICAL PERFORMANCE ANALYSIS

4.1. Interlayer Diffusion and Interfacial Bonding Quality

The mechanical integrity of FDM parts depends on the remelting of the underlying layer by the newly deposited hot polymer road to enable polymer chain entanglement (reptation and diffusion) across the interface (Kumar et al., 2023; Pigeonneau et al., 2020). The crystallization rate of the polymer and the duration for which the interfacial temperature remains above T_g are directly related to this welding quality (Kumar et al., 2023). In standard PLA, rapid cooling limits chain diffusion, forming a sharp interface between layers (Rivera-López et al., 2024). Higher extrusion temperatures and the compatibilizing effect of elastomeric phases at the interface enhance the interlayer bonding strength in PLA+ formulations (Naveed, 2021; Rahmatabadi et al., 2022). In HS-PLA, although low viscosity facilitates interfacial wetting, the rapid crystallization of the underlying layer induced by nucleating agents, combined with aggressive fan cooling applied at high speeds that shortens the duration for which the interface remains above T_g, has the potential to weaken Z-axis adhesion (Farzipour & Hasanzadeh, 2025; Kumaresan et al., 2026).

4.2. Tensile and Flexural Strength Comparison

Experimental data in the literature indicate a significant trade-off between mechanical strength and ductility:

- **Standard PLA:** In the X–Y plane, typical PLA exhibits high stiffness (Elastic Modulus of 3.0-3.5 GPa) and high tensile strength (50-65 MPa); however, its elongation at break is generally %3-6 (Chacón et al., 2017; Rivera-López et al., 2024).
- **PLA+ (Tough PLA):** In toughened formulations containing elastomeric phase additions, although the ultimate tensile strength and elastic modulus decrease by %10-20 compared to standard PLA (42-55 MPa), the elongation at break increases to the %15-35 range, and the material undergoes plastic deformation under flexural loads (Al-Tamimi et al., 2023; Naveed, 2021). However, commercial PLA+ filaments containing elastomeric additives rather than mineral fillers may exhibit notch sensitivity, with their

tensile strength remaining at 41–43 MPa and elongation at maximum stress at %1.7-1.8 (Boztepe & Haskul, 2026).

- **HS-PLA:** In the X–Y plane, when an ideal balance of temperature and cooling is achieved, its tensile strength (48-60 MPa) approaches that of standard PLA; however, if critical volumetric flow limits are exceeded, the proliferation of intralayer voids significantly reduces tensile efficiency (Farzipour & Hasanzadeh, 2025; Kumaresan et al., 2026).

4.3. Impact Strength and Fracture Toughness

Impact strength and fracture toughness represent the most pronounced performance differences among the three materials. In notched impact tests, whereas standard PLA exhibits very low energy absorption values (2-4 kJ/m^2), elastomer-modified tough PLA formulations can increase impact strength by 2 to 4 times that of standard PLA (8-16 kJ/m^2) (Naveed, 2021; Rahmatabadi et al., 2022). The elastomeric particles in PLA+ delay interlayer delamination by relieving the triaxial stress state at the crack tip, preventing the parts from shattering under sudden impact loads (Boztepe & Haskul, 2026; Rahmatabadi et al., 2022). HS-PLA exhibits slightly higher impact resistance than standard PLA (4-7 kJ/m^2), yet it falls short of Tough PLA in load-bearing impact environments (Kumaresan et al., 2026).

4.4. Comparative Performance Evaluation

Table 1 presents the process dynamics and mechanical properties of PLA, PLA+, and HS-PLA materials based on the compiled literature.

Table 1. Comparison of process and mechanical performance parameters of Standard PLA, PLA+, and HS-PLA filaments (Acierno & Patti, 2023; Al-Tamimi et al., 2023; Boztepe & Haskul, 2026; Chacón et al., 2017; Farzipour & Hasanzadeh, 2025; Go et al., 2017; Kumar et al., 2023; Kumaresan et al., 2026; Naveed, 2021; Nzebuka et al., 2022; Rahmatabadi et al., 2022; Rivera-López et al., 2024; Shaqour et al., 2021).

Evaluation Criterion	Standard PLA	PLA+ (Tough PLA)	HS-PLA (High Speed-PLA)
Matrix Modification	Pure / minimally additivated semi-crystalline PLA	Elastomer / TPU / core-shell impact-modified	Low Mw, flow modifier, and nucleating agent
Melt Flow Index (MFI)	Moderate (6-10 g/10 min)	Low–Moderate (4–8 g/10 min)	Moderate–High (6.9-25 g/10 min)
Optimum Nozzle Temperature	195-210 °C	205-225 °C	215-235 °C (At high speed)
Max. Stable Flow Rate	10-14 mm^3/s	8-12 mm^3/s	20-28 mm^3/s
Recommended Print Speed	40-80 mm/s	40-70 mm/s	200-500 mm/s

Stringing Risk	Low	Low	High (Under insufficient cooling / moisture)
Dimensional Accuracy / Surface	Very High (Reference)	High	Moderate-High
Tensile Strength (X-Y)	High (50-65 MPa)	Moderate–High (41-55 MPa)	High (48-60 MPa)
Z-Axis Strength Retention	Moderate (~45-60% of X-Y)	High (~65-80% of X-Y)	Moderate–High (Cooling-sensitive)
Impact Strength (Toughness)	Low (2-4 kJ/m^2)	Very High (8-16 kJ/m^2)	Moderate (4-7 kJ/m^2)
Interlayer Adhesion	Moderate (Brittle interface)	Very High (Ductile interface)	Moderate–High (Cooling-sensitive)

5. DESIGN FOR ADDITIVE MANUFACTURING (DfAM) SELECTION GUIDE

When planning the additive manufacturing process and material selection, in addition to static strength values, infill geometry, layer thickness, loading regime, printer kinematics, and production sustainability must also be taken into account (Mangla et al., 2023).

5.1. Rapid Prototyping and Visual Models

For architectural models, ergonomics verification prototypes, and static display items focusing on tight geometric tolerances, smooth surface quality, and sharp details, standard PLA is the optimal choice. Standard PLA can be utilized at conventional printing speeds that offer high repeatability and require minimal calibration (Chacón et al., 2017; Liu et al., 2019).

5.2. Load-Bearing Functional and Dynamic Assemblies

For snap-fit joints, mechanical fixtures, robotic end-effectors, and functional engineering components subjected to vibration or impact loads, elastomer-toughened PLA+ (Tough PLA) should be utilized (Boztepe & Haskul, 2026; Naveed, 2021). During the design stage, part orientation should be selected to minimize tensile and peel stresses along the Z-axis. To maximize interlayer diffusion, the nozzle temperature should be set to 215-225 °C (Al-Tamimi et al., 2023; Kumar et al., 2023).

5.3. High-Throughput Mass Production Cycles

In mass production lines and modern high-acceleration printer farms, HS-PLA should be preferred because the production time per part (cycle time) dictates the cost (Farzipour & Hasanzadeh, 2025; Kumaresan et al., 2026). To mass-produce HS-PLA, the following three design and procedural rules must be observed:

- To prevent under-extrusion at high volumetric flow rates, high-flow nozzles or nozzles with high heat transfer capacity and elevated nozzle temperatures should be utilized (Go et al., 2017; Nzebuka et al., 2022).

- High-flow auxiliary cooling fans should be engaged to prevent thermal accumulation and sagging in small cross-sectional geometries with short layer times. However, the optimal fan threshold that preserves layer adhesion must be taken into consideration (Kumaresan et al., 2026).
- To reduce stringing during printhead travel between parts in multi-part layouts (batch printing), the filament should be pre-dried, retraction acceleration should be increased, and non-printing travel speed should be maximized (Kumaresan et al., 2026; Shaqour et al., 2021).

6. CONCLUSION AND FUTURE PERSPECTIVE

This review study comparatively examined the rheological, thermal, and mechanical properties of PLA, PLA+, and HS-PLA formulations frequently utilized in FDM-based additive manufacturing. Literature reviews demonstrate that no single "universal" formulation of PLA can satisfy all engineering requirements:

- The shear-thinning behavior of HS-PLA significantly increases production speed while maintaining nozzle pressure stability at high volumetric flow rates such as 20–28 mm^3/s. However, it exhibits a tendency for stringing under conditions of insufficient cooling, uncalibrated retraction, and moist filament (Farzipour & Hasanzadeh, 2025; Kumaresan et al., 2026).
- Elastomer-modified high-strength PLA+ (Tough PLA) mitigates interlayer delamination and increases impact toughness to 2-4 times that of standard PLA (8-16 kJ/m^2) (Naveed, 2021; Rahmatabadi et al., 2022).
- At conventional printing speeds, standard PLA remains the reference material in terms of dimensional stability, low shrinkage, and surface quality (Chacón et al., 2017; Liu et al., 2019).

Future research will focus on next-generation formulations that combine the high impact toughness of PLA+ formulations with the low-viscosity, high-flow capacity of HS-PLA within a single hybrid polymer matrix. The development of closed-loop sensor systems that monitor intra-nozzle melt pressure and interface temperature in real time during high-speed printing, alongside artificial intelligence-assisted adaptive slicing algorithms, will optimize interlayer bonding quality without compromising production speed.

REFERENCES

Acierno, D., & Patti, A. (2023). Fused Deposition Modelling (FDM) of Thermoplastic-Based Filaments: Process and Rheological Properties—An Overview. *Materials*, *16*(24), 7664. https://doi.org/10.3390/ma16247664

Al-Tamimi, A. A., Pandžić, A., & Kadrić, E. (2023). Investigation and Prediction of Tensile, Flexural, and Compressive Properties of Tough PLA Material Using Definitive Screening Design. *Polymers*, *15*(20), 4169. https://doi.org/10.3390/polym15204169

Ardeljan, D. D., Frunzaverde, D., Cojocaru, V., Turiac, R. R., Bacescu, N., Ciubotariu, C. R., & Marginean, G. (2025). The Impact of Elevated Printing Speeds and Filament Color on the Dimensional Precision and Tensile Properties of FDM-Printed PLA Specimens. *Polymers*, *17*(15), 2090. https://doi.org/10.3390/polym17152090

Arrigo, R., & Frache, A. (2022). FDM Printability of PLA Based-Materials: The Key Role of the Rheological Behavior. *Polymers*, *14*(9), 1754. https://doi.org/10.3390/polym14091754

Boztepe, M. H., & Haskul, M. (2026). Mechanical Characterization of PLA+ Specimens with Different Geometries Using Experimental and Numerical Methods. *Polymers*, *18*(2), 243. https://doi.org/10.3390/polym18020243

Cano-Vicent, A., Tambuwala, M. M., Hassan, Sk. S., Barh, D., Aljabali, A. A. A., Birkett, M., Arjunan, A., & Serrano-Aroca, Á. (2021). Fused deposition modelling: Current status, methodology, applications and future prospects. *Additive Manufacturing*, *47*, 102378. https://doi.org/10.1016/j.addma.2021.102378

Chacón, J. M., Caminero, M. A., García-Plaza, E., & Núñez, P. J. (2017). Additive manufacturing of PLA structures using fused deposition modelling: Effect of process parameters on mechanical properties and their optimal selection. *Materials & Design*, *124*, 143–157. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.03.065

Farzipour, A., & Hasanzadeh, R. (2025). On the impact of ultra-high printing speeds on tensile efficiency of fused filament fabrication-3D printed polylactic acid. *Rapid Prototyping Journal*, *32*(5), 1223–1233. https://doi.org/10.1108/RPJ-08-2025-0359

Gao, P., & Masato, D. (2024). The Effects of Nucleating Agents and Processing on the Crystallization and Mechanical Properties of Polylactic Acid: A Review. *Micromachines*, *15*(6), 776. https://doi.org/10.3390/mi15060776

Go, J., Schiffres, S. N., Stevens, A. G., & Hart, A. J. (2017). Rate limits of additive manufacturing by fused filament fabrication and guidelines for high-throughput system design. *Additive Manufacturing*, *16*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.03.007

Kumar, M. S., Farooq, M. U., Ross, N. S., Yang, C.-H., Kavimani, V., & Adediran, A. A. (2023). Achieving effective interlayer bonding of PLA parts during the material extrusion process with enhanced mechanical properties. *Scientific Reports*, *13*(1), 6800. https://doi.org/10.1038/s41598-023-33510-7

Kumaresan, R., Pandurangan, M. T., & Kanny, K. (2026). Mechanical and microstructural behavior of FDM-Printed Hyper-PLA by optimizing process parameters. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *143*(5), 2677–2693. https://doi.org/10.1007/s00170-026-17686-6

Kuznetsov, V. E., Solonin, A. N., Tavitov, A., Urzhumtsev, O., & Vakulik, A. (2019). Increasing strength of FFF three-dimensional printed parts by influencing on temperature-related parameters of the process. *Rapid Prototyping Journal*, *26*(1), 107–121. https://doi.org/10.1108/RPJ-01-2019-0017

Limpadapun, K., & Sukmanee, J. (2021). A Study of an Effect on Moisture from 3D Printer Filament Drying Processes. *Key Engineering Materials*, *902*, 101–106. 2021 The 11th International Conference on Key Engineering Materials. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.902.101

Liu, Z., Wang, Y., Wu, B., Cui, C., Guo, Y., & Yan, C. (2019). A critical review of fused deposition modeling 3D printing technology in manufacturing polylactic acid parts. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *102*(9), 2877–2889. https://doi.org/10.1007/s00170-019-03332-x

Mangla, S. K., Kazancoglu, Y., Sezer, M. D., Top, N., & Sahin, I. (2023). Optimizing fused deposition modelling parameters based on the design for additive manufacturing to enhance product sustainability. *Computers in Industry*, *145*, 103833. https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103833

Naveed, N. (2021). Investigating the Material Properties and Microstructural Changes of Fused Filament Fabricated PLA and Tough-PLA Parts. *Polymers*, *13*(9), 1487. https://doi.org/10.3390/polym13091487

Nzebuka, G. C., Ufodike, C. O., Rahman, A. M., Gwynn, C. M., & Ahmed, M. F. (2022). Numerical modeling of the effect of nozzle diameter and heat flux on the polymer flow in fused filament fabrication. *Journal of Manufacturing Processes*, *82*, 585–600. https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.08.029

Pigeonneau, F., Xu, D., Vincent, M., & Agassant, J.-F. (2020). Heating and flow computations of an amorphous polymer in the liquefier of a material extrusion 3D printer. *Additive Manufacturing*, *32*, 101001. https://doi.org/10.1016/j.addma.2019.101001

Rahmatabadi, D., Ghasemi, I., Baniassadi, M., Abrinia, K., & Baghani, M. (2022). 3D printing of PLA-TPU with different component ratios: Fracture toughness, mechanical properties, and morphology. *Journal of Materials Research and Technology*, *21*, 3970–3981. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.11.024

Rivera-López, F., Pavón, M. M. L., Correa, E. C., & Molina, M. H. (2024). Effects of Nozzle Temperature on Mechanical Properties of Polylactic Acid Specimens Fabricated by Fused Deposition Modeling. *Polymers*, *16*(13), 1867. https://doi.org/10.3390/polym16131867

Shaqour, B., Abuabiah, M., Abdel-Fattah, S., Juaidi, A., Abdallah, R., Abuzaina, W., Qarout, M., Verleije, B., & Cos, P. (2021). Gaining a better understanding of the extrusion process in fused filament fabrication 3D printing: A review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *114*(5), 1279–1291. https://doi.org/10.1007/s00170-021-06918-6

Xu, X., Ren, H., Chen, S., Luo, X., Zhao, F., & Xiong, Y. (2023). Review on melt flow simulations for thermoplastics and their fiber reinforced composites in fused deposition modeling. *Journal of Manufacturing Processes*, *92*, 272–286. https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2023.02.039

STRATEJİK VE KRİTİK HAMMADDELERDEN MAGNEZYUM VE FOSFORUN ASMALARDA BİRİKİMİNİN ARAŞTIRILMASI

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

Bu çalışmada, terkedilmiş bir maden galeri sahasında bulunan ve galeriden çıkan sulara maruz kalan asma bitkilerinin yapraklarında stratejik hammaddelerden magnezyum ve kritik hammaddelerden fosforun birikimi incelenmiştir. Bu çerçevede, maden galeri sahasının farklı noktalarından örnekler toplanmış ve elde edilen sonuçlar referans bitki değerleri ile mukayese edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, farklı örnekleme noktalarından toplanan asma yapraklarında en yüksek Mg konsantrasyonu 4. örnekleme noktasında 2840 mg/kg olarak, en yüksek P konsantrasyonu ise 10. örnekleme noktasında 1621 mg/kg olarak belirlenmiştir. Asma yapraklarında Mg konsantrasyonlarının P konsantrasyonlarından daha yüksek çıktığı gözlenmiştir. Mg ve P konsantrasyonları referans bitki değerleri ile mukayese edildiğinde Mg konsantrasyonlarının referans bitki değerinden (2000 mg/kg) yüksek olduğu P konsantrasyonlarının ise referans bitki değerinden (2000 mg/kg) daha düşük konsantrasyonlarda olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, stratejik hammaddelerden Mg asma bitkisi tarafından iyi şekilde akümüle edildiği belirlenmiştir. Asma yapraklarının insanlar tarafından gıda olarak aşırı derecede tüketilmesi Mg açısından sağlık problemlerine neden olabilir. Ayrıca, Mg ve P gibi stratejik ve kritik hammaddelerin asma yapraklarında tespit edilmesi bu bitkilerdeki Mg ve P elementlerinin geri kazanım olanaklarının araştırılmasını gerektirir. Bu sayede, stratejik ve kritik öneme sahip bu elementler geri kazanılarak döngüsel ekonomiye katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: akümülasyon, fosfor, kritik, maden, magnezyum, stratejik

INVESTIGATION OF THE ACCUMULATION OF MAGNESIUM AND PHOSPHORUS FROM STRATEGIC AND CRITICAL RAW MATERIALS IN GRAPEVINES

ABSTRACT

In this study, the accumulations of magnesium (Mg) (strategic raw material) and phosphorus (P) (critical raw material) were investigated in the leaves of grapevine plants exposed to water discharging from an abandoned mine gallery. Samples were collected from various locations within the mine gallery area, and the findings were compared against reference plant values. The results indicate that the highest Mg concentration, 2,840 mg/kg, was found in grapevine leaves collected at the 4th sampling point, while the highest P concentration, 1,621 mg/kg, was recorded at the 10th sampling point. It was observed that Mg concentrations in the grapevine leaves were consistently higher than P concentrations. When compared to reference plant values, the Mg concentrations exceeded the reference threshold (2000 mg/kg), whereas the P concentrations remained below this threshold (2000 mg/kg). Consequently, it is concluded that grapevine plants are effective at accumulating Mg, a strategic raw material. Excessive consumption of these grapevine leaves as food by humans could potentially lead to health issues related to high Mg intake. Furthermore, the presence of strategic and critical raw materials such as Mg and P in grapevine leaves warrants an investigation into the feasibility of recovering these elements. Such recovery efforts could contribute to a circular economy by reclaiming elements of strategic and critical importance.

Keywords: accumulation, phosphorus, critical, mine, magnesium, strategic

1. GİRİŞ

Asma, Akdeniz bölgesinin simgesel bir türü olup tarih boyunca Avrupa-Akdeniz bölgesi ve Batı Asya genelinde kapsamlı ticari ve kültürel alışverişlere yön vermiştir (Gimenez vd., 2027). Asma, günümüzde de yüksek katma değere sahip ürünleri ile küresel ölçekte ekonomik açıdan en önemli mahsuller arasında yer almaktadır (Wang vd., 2027). Asma, toprak ve iklim bakımından fazla seçici olmaması ve asmadan üzüm ve yaprak gibi ürünlerin ekonomik olarak değerlendirme imkanına sahip olması nedeniyle birçok ailenin de geçim kaynağını oluşturmaktadır (Altaş vd., 2021). Asma ürünlerinden birisi olan asma yaprağı, Akdeniz ve Orta Doğu mutfaklarının vazgeçilmez bir parçasıdır. Asma yaprağı, birçok farklı mutfak tarifinde (örneğin sarma) kullanılır. Ayrıca, vitamin ve antioksidan bakımından zengin olduğu için sağlık açısından da faydalıdır. Türkiye, asma yaprağı üretiminde önemli bir yere sahiptir (Hazneci ve Demirel, 2026). Bunun yanısıra, salamuralık asma yaprağına olan talep, batı ülkelerinde ve hazır gıda sektöründeki gelişmeler nedeniyle artış göstermiştir. Asma yaprağı, diğer ülkelerde

de farklı bir lezzet olarak değerlendirilmektedir. Birçok ülkede bilinip tüketilen asma yaprağının besin bileşenleri yaprak sebzelerle kıyaslanabilecek düzeydedir (Kara vd., 2006; Kalkan vd., 2016). Ayrıca, asma yaprağının ekstraktı geleneksel tıpta kullanılmaktadır (Kalkan vd., 2016). Bu çalışmada, asma yapraklarında stratejik ve kritik hammaddelerden magnezyum (Mg) ve fosfor (P) elementleri araştırılmıştır. Bu çerçevede, Mg ve P hakkında kısaca bilgiler aşağıda verilmiştir.

Mg, çeşitli bitkisel gıda kaynaklarında bolca bulunur. Mg yönünden zengin olan besinler arasında yeşil yapraklı sebzeler, baklagiller, kabuklu yemişler, tohumlar ve tam tahıllar yer almaktadır. Genel olarak, diyet lifi içeren gıdalar Mg sağlar (Çegen ve Yalçınkaya, 2025). Mg, bitkilerde çok çeşitli temel fizyolojik ve biyokimyasal süreçler için gerekli bir besin maddesidir. Başlıca klorofil sentezi, fotosentez ürünlerinin üretimi, taşınması ve kullanımı, enzim aktivasyonu ve protein sentezinde Mg gereklidir (Ishfaq vd., 2022). Magnezyumun hücre çekirdeğinde, RNA sentezinde ve DNA oluşumunda görevleri de bulunmaktadır (Kınay ve Erdem, 2021).

P, bitkilerin normal büyüme ve yaşam döngülerinin tamamlanması için ihtiyaç duyduğu makro besinler arasındadır. Tüm besinler bitkilerde uygun fizyolojik ve biyokimyasal koşullar için son derece önemli olsada, metalik olmayan bir kimyasal element olan P, özellikle dünyanın çoğu bölgesinde mahsul üretimindeki sınırlamalar göz önüne alındığında, çok önemli bir rol oynamaktadır (Wieczorek vd., 2022). P, bitkilerde fizyolojik tepkilerin düzenlenmesinde ve ısı, tuzluluk, kuraklık, su baskını, yüksek CO_2 ve ağır metal toksisitesi gibi abiyotik stres toleransının artırılmasında temel bir rol oynar. Bitkiler, belirli sinyal yolları, kök mimarisi modülasyonu ve stomatal morfoloji ayarlamaları yoluyla P mevcudiyetindeki değişimleri algılama ve bunlara yanıt verme yeteneğine sahiptir. Ayrıca, enerji metabolizması, hücre bölünmesi, DNA sentezi ve fosfolipid biyosentezi gibi çeşitli metabolik ve fizyolojik süreçlerde, fosfat veya fosfat esterleri olarak, temel bir besin maddesidir (Khan vd., 2023).

Bu bilgiler ışığında çalışmamızda terkedilmiş bir maden galeri sahasında yetişen ve galeri sularına maruz kalan asma yapraklarında stratejik ve kritik hammaddelerden Mg ve P elementleri araştırılmış ve elde edilen sonuçlar referans bitki değerleri ile mukayese edilmiştir.

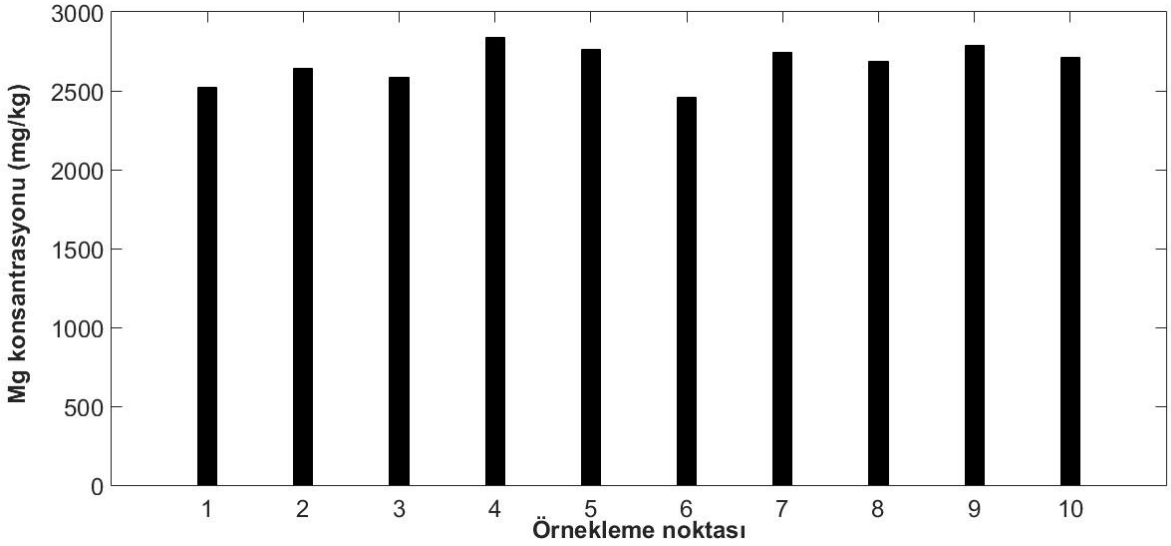
2. MATERYAL VE METOT

Materyal olarak kullanılan asma bitkisi Elazığ ili, Keban ilçesindeki terkedilmiş bir maden sahasından temin edilmiştir. Söz konusu terkedilmiş maden sahası galeri tipinde maden çıkarmak amacıyla kullanılmıştır. Galeriden çıkan sular herhangi bir işleme tabii tutulmadan Fırat Nehrine ulaşmaktadır. Galeri sahasında asma bitkileri bulunmakta ve galeriden çıkan

sulara maruz kalmaktadır. Bu nedenle, çalışma alanı olarak seçilen bu bölgede on farklı noktadan asma yaprakları toplanmış ve laboratuvara getirilmiştir. Asma yaprakları önce ultra saf su ile yıkanmış sonra kurutmaya alınmıştır. Kurutulan asma yaprakları bir öğütücü yardımıyla parçalanmış ve homojen hale getirilmiştir. Elde edilen asma örnekleri akredite bir laboratuvara gönderilerek stratejik hammaddelerden Mg ve kritik hammaddelerden P konsantrasyonları ICP-MS yardımıyla belirlenmiştir. Elde edilen veriler referans bitki değerleri ile mukayese edilerek akümülasyon kapasiteleri belirlenmiştir.

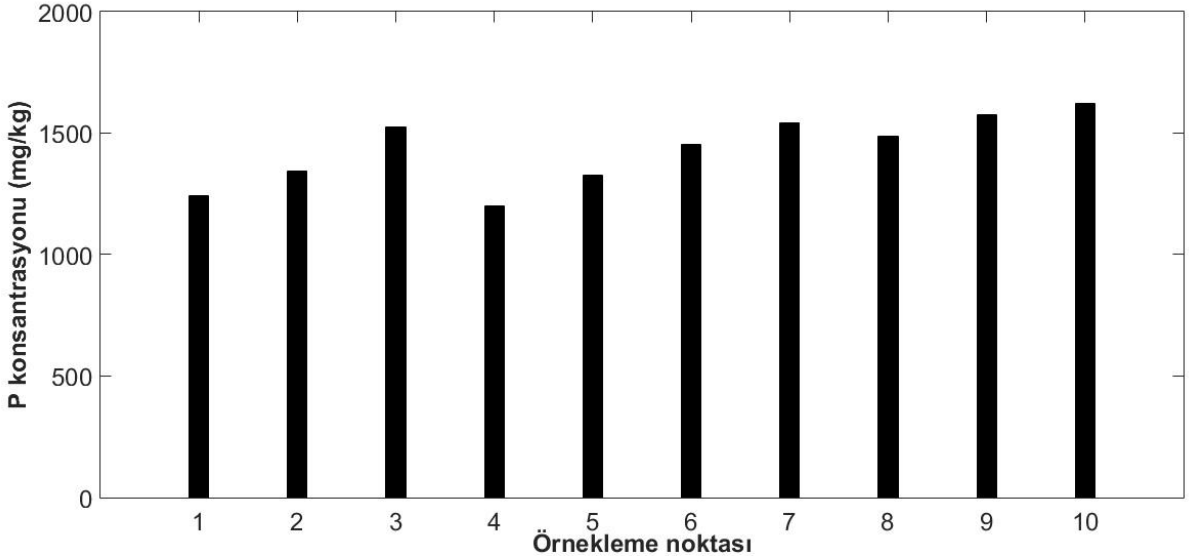
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Maden galeri sularına maruz kalan asma yapraklarındaki stratejik hammaddelerden Mg'un farklı örnekleme noktalarındaki konsantrasyonları Şekil 1'de gösterilmiştir.



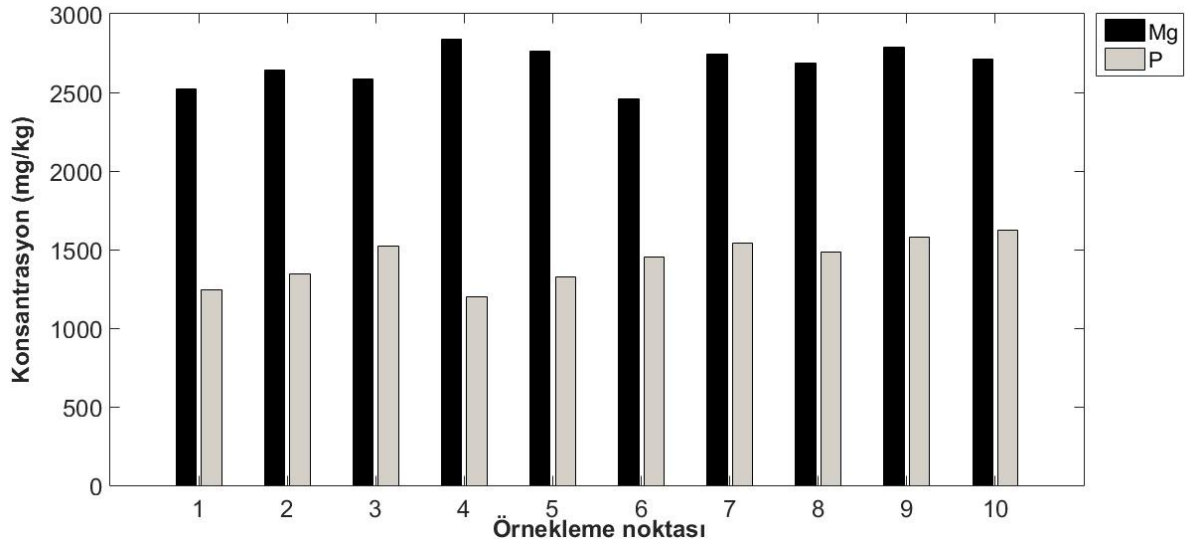
Şekil 1. Mg'un farklı örnekleme noktalarına göre konsantrasyonları

Şekil 1'e göre farklı örnekleme noktalarından toplanan asma yapraklarında en yüksek Mg konsantrasyonu 4. örnekleme noktasında 2840 mg/kg olarak belirlenirken en düşük Mg konsantrasyonu 6. örnekleme noktasında 2459 mg/kg olarak belirlenmiştir. Örnekleme noktalarında tespit edilen Mg konsantrasyonları örnekleme noktalarına göre farklılıklar göstermiştir. Örnekleme noktalarına göre Mg konsantrasyonları küçükten büyüğe doğru şu şekilde sıralanmıştır: 6 < 1 < 3 < 2 < 8 < 10 < 7 < 5 < 9 < 4. Asma yapraklarındaki kritik hammaddelerden P'un farklı örnekleme noktalarındaki konsantrasyonları Şekil 2'de gösterilmiştir.



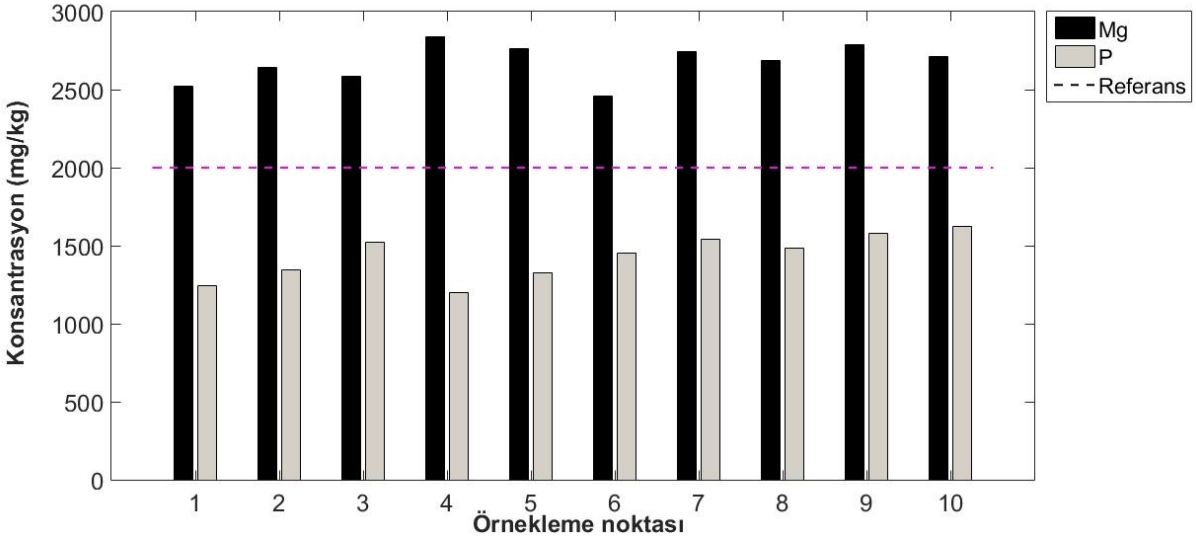
Şekil 2. P'un farklı örnekleme noktalarına göre konsantrasyonları

Şekil 2'ye göre farklı örnekleme noktalarından toplanan asma yapraklarında en yüksek P konsantrasyonu 10. örnekleme noktasında 1621 mg/kg olarak belirlenirken en düşük P konsantrasyonu 4. örnekleme noktasında 1200 mg/kg olarak belirlenmiştir. Örnekleme noktalarında tespit edilen P konsantrasyonları örnekleme noktalarına göre farklılıklar göstermiştir. Örnekleme noktalarına göre P konsantrasyonları küçükten büyüğe doğru şu şekilde sıralanmıştır: 4 < 1 < 5 < 2 < 6 < 8 < 3 < 7 < 9 < 10. Farklı örnekleme noktalarında asma yapraklarında tespit edilen stratejik hammaddelerden Mg'un ve kritik hammaddelerden P'un karşılaştırılması Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Asma yapraklarına tespit edilen Mg ve P konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Şekil 3 incelendiğinde asma yapraklarında tespit edilen Mg konsantrasyonları her bir örnekleme noktasından toplanan asma yapraklarındaki P konsantrasyonlarından oldukça yüksek değerler aldığı gözlenmiştir. 1. örnekleme noktasında Mg konsantrasyonu P konsantrasyonundan 2,03 kat, 2. örnekleme noktasında 1,96 kat, 3. örnekleme noktasında 1,70 kat, 4. örnekleme noktasında 2,37 kat, 5. örnekleme noktasında 2,09 kat, 6. örnekleme noktasında 1,69 kat, 7. örnekleme noktasında 1,78 kat, 8. örnekleme noktasında 1,81 kat, 9. örnekleme noktasında 1,77 kat ve 10. örnekleme noktasında 1,67 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, asma bitkisinin fosfordan ziyade magnezyumu akümüle etmek için tercih ettiğini gösterebilir. Çalışmamızda ayrıca asma yapraklarında tespit edilen Mg ve P konsantrasyonları Markert (1992) tarafından verilen referans bitki değerleriyle mukayese edilmiş ve elde edilen bulgular Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Mg ve P konsantrasyonlarının referans bitki değerleri ile karşılaştırılması

Markert tarafından Mg ve P için referans bitki değeri 2000 mg/kg olarak verilmiştir (Markert, 1992). Şekil 4'e göre her bir örnekleme noktasından toplanan asma yapraklarında Mg konsantrasyonları referans bitki değerinden oldukça yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. P konsantrasyonları ise referans bitki değerinden düşük konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Stratejik hammaddelerden Mg'un asmada iyi şekilde akümüle edildiği gözlenmiştir. Mg konsantrasyonları referans bitki değerleriyle mukayese edildiğinde 1. örnekleme noktasında 1,26 kat, 2. örnekleme noktasında 1,32 kat, 3. örnekleme noktasında 1,29 kat, 4. örnekleme noktasında 1,42 kat, 5. örnekleme noktasında 1,38 kat, 6. örnekleme noktasında 1,23 kat, 7. örnekleme noktasında 1,37 kat, 8. örnekleme noktasında 1,34 kat, 9. örnekleme noktasında 1,39 kat ve 10. örnekleme noktasında 1,36 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında terkedilmiş bir madenden çıkan galeri sularına maruz kalan asma bitkilerinin yapraklarında stratejik hammaddelerden Mg ve kritik hammaddelerden P konsantrasyonları belirlenmiş ve akümülasyonları incelenmiştir. Bu çerçevede şu sonuçlar elde edilmiştir; (i) asma yapraklarında en yüksek Mg konsantrasyonu 4. örnekleme noktasında 2840 mg/kg olarak, en yüksek P konsantrasyonu 10. örnekleme noktasında 1621 mg/kg olarak belirlenmiştir. (ii) asma yapraklarında Mg konsantrasyonları P konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu gözlenmiştir. (iii) Mg ve P konsantrasyonları referans bitki değerleri ile mukayese edildiğinde Mg konsantrasyonlarının referans bitki değerinden yüksek olduğu P konsantrasyonlarının ise referans bitki değerinden daha düşük konsantrasyonlarda olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, stratejik hammaddelerden Mg asma bitkisi tarafından iyi şekilde akümüle edilmiştir. Asma yapraklarının insanlar tarafından gıda olarak aşırı derecede tüketilmesi Mg açısından sağlık problemlerine neden olabilir. Bu nedenle, terkedilmiş maden sahasındaki galeri sularına maruz kalan asmaların tüketilmemesi gerekmektedir. Ayrıca, Mg ve P gibi stratejik ve kritik hammaddelerin asma yapraklarında tespit edilmesi bu bitkilerdeki Mg ve P elementlerinin geri kazanım olanaklarının araştırılmasını gerektirir. Bu sayede, stratejik ve kritik önem sahip bu elementler geri kazanılarak döngüsel ekonomiye katkı sağlayabilir.

KAYNAKLAR

Altaş, Z., Özgüven, M. M., & Dilmaç, M. (2021). Görüntü İşleme Teknikleri ile Bağ Yaprak Uyuzu Hasarının Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 10(3), 77–87.

Çegen, E., & Yalçınkaya, N. (2025). Sporcularda magnezyum ve atletik performans: Derleme makale. Journal of Human Sciences, 22(2), 189–201. https://doi.org/10.14687/jhs.v22i2.6522

Gimenez, B., Devaux, C., Joannin, S., Peyron, O., Bouby, L., Misra, P., & Das, S. (2027). Assessing the potential of deep learning to distinguish wild and domesticated grapevine pollen. Review of Palaeobotany and Palynology, 356(105720), 105720. https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2026.105720

Hazneci, K., & Demirel, S. (2026). Tokat İli Erbaa İlçesinde Asma Yaprağı Üretiminin Karlılık Analizi. Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 41. https://doi.org/10.7161/omuanajas.1925835

Ishfaq, M., Wang, Y., Yan, M., Wang, Z., Wu, L., Li, C., & Li, X. (2022). Physiological essence of magnesium in plants and its widespread deficiency in the farming system of China. Frontiers in Plant Science, 13, 802274. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.802274

Kalkan, N.N., Karadoğan, B., Kadıoğlu, Z., Kaya, Ö. (2016). Erzincan Bağcılığında Alternatif Ürün " Sarmalık Asma Yaprağı ", Uluslararası Erzincan Sempozyumu (28 Eylül-1 Ekim 2016), Cilt 3, 671-677.

Kara, Z., Akay, A., & Demirhan, Y. (2006). Pi Value and Some Other Quality Characters of Grape Leaves and Leafy Vegetables Grown in Turkiye, Von der M ethode zum Ganzen: Potenziale zeitgemäßer Qualitätsforschung Symposium am 2.

Khan, F., Siddique, A. B., Shabala, S., Zhou, M., & Zhao, C. (2023). Phosphorus plays key roles in regulating plants' physiological responses to abiotic stresses. Plants, 12(15), 2861. https://doi.org/10.3390/plants12152861

Kınay, A., & Erdem, H. (2021). Artan Dozlarda Magnezyum Sülfat Uygulamalarının Tütün Bitkisinin Yaprak Verimi ve Kalitesine Etkisi. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 9(3), 601–606. https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i3.601-606.4127

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.
Wang, R., Hao, X., Li, C., Yu, Z., Shan, S., Yao, W., & Yin, X. (2027). Rapid, visual, and instrument-free on-site detection of grapevine leafroll-associated virus 3 based on EZ-D technology and RT-RPA-LFD. Physiological and Molecular Plant Pathology, 147(103556), 103556. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2026.103556
Wieczorek, D., Żyszka-Haberecht, B., Kafka, A., & Lipok, J. (2022). Determination of phosphorus compounds in plant tissues: from colourimetry to advanced instrumental analytical chemistry. Plant Methods, 18(1), 22. https://doi.org/10.1186/s13007-022-00854-6

MISIR TANELERİNDE STRATEJİK VE KRİTİK HAMMADDELERDEN GALYUM VE TİTANYUMUN AKÜMÜLASYONU

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

Bu çalışmada, Elazığ Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi çıkış sularının verildiği Kehli deresinden pompa yardımıyla çekilen sularla sulanan mısır bitkileri tanelerinde stratejik ve kritik hammaddelerden galyum (Ga) ve titanyum (Ti) elementleri araştırılmıştır. Bu kapsamda, mısır tarlasının bulunduğu alandan farklı noktalarda mısır tanesi örnekleri toplanmış ve elde edilen sonuçlar referans bitki değerleri ile mukayese edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, farklı örnekleme noktalarından toplanan mısır tanelerinde en yüksek Ga konsantrasyonu 6. örnekleme noktasında 0,0195 mg/kg olarak belirlenirken, en yüksek Ti konsantrasyonu ise 8. örnekleme noktasında 0,914 mg/kg olarak belirlenmiştir. Mısır tanelerinde Ti konsantrasyonlarının Ga konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Kritik hammaddelerden Ti stratejik hammaddelerden Ga'a göre daha iyi akümüle olmuştur. Çalışmamızdaki sonuçlar farklı örnekleme noktalarında mısır tanelerinde tespit edilen Ti ve Ga elementlerinin referans bitki değerinden daha düşük konsantrasyonlarda olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak mısır bitkisinde stratejik ve kritik hammaddelerden Ga ve Ti elementleri mısır tanelerinde akümüle olduğundan bu elementler farklı metotlar kullanılarak geri kazanımı sağlanabilir.

Anahtar Kelimeler: arıtma, galyum, kritik, stratejik, titanyum

ACCUMULATION OF GALLIUM AND TITANIUM FROM STRATEGIC AND CRITICAL RAW MATERIALS IN MAIZE KERNELS

ABSTRACT

In this study, the presence of gallium (Ga) - a strategic raw material and titanium (Ti) - a critical raw material - was investigated in the kernels of maize plants irrigated with water drawn via pump from Kehli stream, which receives the effluent from the Elazığ Municipal Wastewater

Treatment Plant. Maize kernel samples were collected from various locations within the maize field, and the findings were compared against reference values for plants. The results indicate that the highest Ga concentration (0.0195 mg/kg) was found at the 6th sampling point, while the highest Ti concentration (0.914 mg/kg) was recorded at the 8th sampling point. It was observed that Ti concentrations in the maize kernels were higher than those of Ga. Among these materials, Ti (a critical raw material) accumulated to a greater extent than Ga (a strategic raw material). The study further reveals that the concentrations of Ti and Ga detected in the maize kernels at all sampling points were below the established reference values for plants. Consequently, since these strategic and critical raw materials—Ga and Ti—accumulate in maize kernels, it is possible to recover them through the application of various methods.

Keywords: treatment, gallium, critical, strategic, titanium

1. GİRİŞ

Türkiye'de ve Dünya'da, sulanan tarım alanlarının genişletilmesi ve mevcut su kaynaklarının daha rasyonel kullanımı gittikçe önem kazanmaktadır. En etkili abiyotik streslerden olan kuraklık stresi mısır verimi ve kalitesini önemli düzeyde etkilemektedir. Kuraklık stresi mısır bitkisini her dönemde etkileyebilir. Su kaynaklarının azalması Türkiye mısır üretimini ve kalitesini olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Sulama suyu, mısırın büyümesi ve gelişimi için olduğu kadar döllenme, tane tutumu ve verim artışı için de çok önemlidir (Masat vd., 2025).

Dünya nüfusunu doyuran altı tahıldan biri olan mısır, ekim alanı olarak Dünya'da buğdaydan sonra gelen ikinci tahıldır. Çok yönlü kullanım alanı, adaptasyon kabiliyeti ve verimliliği oldukça yüksek olan mısır hemen hemen her türlü toprakta yetişebilir. Kuzey kutbu hariç Dünya ve Türkiye topraklarının hemen hepsi bu bitkinin yetiştirilmesine elverişlidir. Mısır bitkisi insan gıdası, hayvan yemi ve sanayide ham madde olarak kullanılmaktadır. Mısır tanesinden elde edilen nişasta, protein ve yağ oranları gıda sanayisinin farklı sektörlerinde, kanatlı hayvanların yemlerinde ve mısır silaj yapımında çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Turhal, 2021). Mısırın tanesinden yemeklik yağ, biyoyakıt, etanol ve mısır şurubu eldesi ile sanayide kullanımı hızla yükselmektedir. İnsanlar tarafından mısır farklı şekillerde kullanılabilmektedir. Bunlar; mısır haşlama ve közleme, körpe mısır, çerez, un, sıvı yağ, nişasta, mısır patlatması ve tatlandırıcıdır (Özcan, 2009; Kara, 2022). Bu bilgiler ışığında çalışma kapsamında mısırda tespit edilen stratejik ve kritik hammaddelerden galyum (Ga) ve titanyum (Ti) elementleri hakkında genel bilgiler kısaca özetlenmiştir.

Ga, günümüzde yeni nesil fonksiyonel malzemelerin geliştirilmesine öncülük eden vazgeçilmez bir elementtir. Yüksek iletkenlik, akışkanlık, termal özellikler, esneklik ve

biyouyumluluk gibi nitelikleri sayesinde Ga ve türevleri, çok çeşitli ileri teknoloji endüstrilerinde giderek daha fazla kullanılmaktadır (Guan vd., 2025). Ga, biyoaktif malzemelerin yapısına eklenebilen önemli bir tedavi edici (terapötik) iyondur. Periyodik tablonun 13. grubunda yer alan yarı metalik bir element olan Ga, pek çok rahatsızlığın tedavisinde terapötik etki göstermiştir. Bunlar; hızlanmış kemik resorpsiyonu, otoimmün hastalıklar, hemostaz ve bakteriyel enfeksiyonlar şeklinde sınıflandırılabilir. Ga iyonları, bu terapötik etkilerinin yanı sıra, belirli kanser türlerine karşı da antineoplastik aktivite sergiler (Kurtuldu vd., 2022). Ga tüketimindeki hızlı artış ile Ga kaynaklarındaki ciddi kıtlık arasındaki çelişkinin varlığı, gelecekte bu kaynağın temin edilebilirliğine dair büyük endişelere yol açmaktadır (Guan vd., 2025).

Ti ve alaşımları, çok çeşitli mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır. Yüksek mukavemete ve korozyon direncine sahip olan Ti ve alaşımları, yaklaşık 600 °C'ye varan yüksek sıcaklıklarda dahi iyi performans gösterirler. Maliyet ve tedarik sorunlarına rağmen titanyum ve alaşımları; havacılık ve uzay, otomotiv ve askeri projeler dahil olmak üzere pek çok endüstride kullanılmaktadır. Havacılık ve uzay uygulamalarında, Ti alaşımları yüksek mukavemet-ağırlık oranı ve aşırı sıcaklıklara dayanabilme özelliği nedeniyle tercih edilmekte olup, bu da onları uçak yapıları ve motor bileşenleri için ideal kılmaktadır. Biyomedikal uygulamalarda ise, Ti alaşımlarının biyouyumluluğu ve korozyon direnci, onları implantlar ve protezler için uygun hale getirerek tıbbi cihazlar için dayanıklı ve güvenli seçenekler sunmaktadır. Ayrıca, Ti alaşım teknolojisindeki gelişmeler, yüksek mukavemetleri ve düşük ağırlıklarının yakıt verimliliğine ve performansa katkıda bulunduğu otomotiv uygulamalarında kullanımının artmasına yol açmıştır. Sahip oldukları benzersiz özellikler, titanyum ve alaşımlarını özel üretim teknikleri gerektiren, ancak maliyet açısından verimli bileşenler haline getirmektedir (Najafizadeh vd., 2024). Üstün performans özelliklerine sahip malzemelere duyulan kritik ihtiyacın karşılanması, teknolojik gelişimin ilerletilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Najafizadeh vd., 2024).

Bu çerçevede, söz konusu çalışmada kentsel atıksu arıtma tesisi çıkış suları ile kirlenmiş dere suyu ile sulanan mısırlarda stratejik ve kritik hammaddelerden Ga ve Ti elementleri araştırılmış ve konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayrıca, Markert (1992) tarafından verilen referans bitki değerleri ile mukayese edilmiştir.

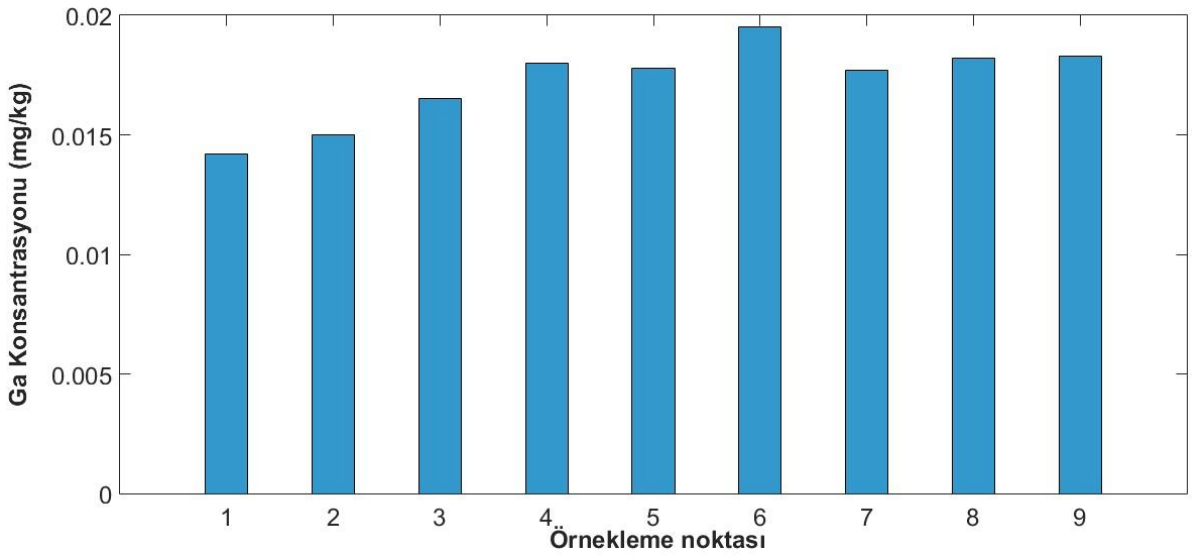
2. MATERYAL VE METOT

Çalışmamızda materyal olarak kullanılan mısır taneleri Elazığ Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi çıkış sularının deşarj edildiği alanda bulunan bir mısır tarlasından temin edilmiştir. Söz konusu

mısır tarlası Elazığ Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi çıkış sularının deşarj edildiği Kehli deresinden pompa yardımıyla çekilerek sulanmaktadır. Mısır bitkileri söz konusu tarlanın dokuz farklı bölgesinden toplanmış ve laboratuvara getirilmiştir. Toplanan örnekler önce saf suyla yıkanmış ve kurutmaya bırakılmıştır. Kurutulan mısır taneleri analizden önce bir öğütücü yardımıyla küçük parçalara ayırt edilmiş ve homojen hale getirilmiştir. Elde edilen mısır örnekleri akredite bir laboratuvara gönderilerek stratejik hammaddelerden Ga ve kritik hammaddelerden Ti konsantrasyonları ICP-MS yardımıyla belirlenmiştir. Mısır bitkisinde tespit edilen değerler referans bitki değerleri ile mukayese edilmiştir.

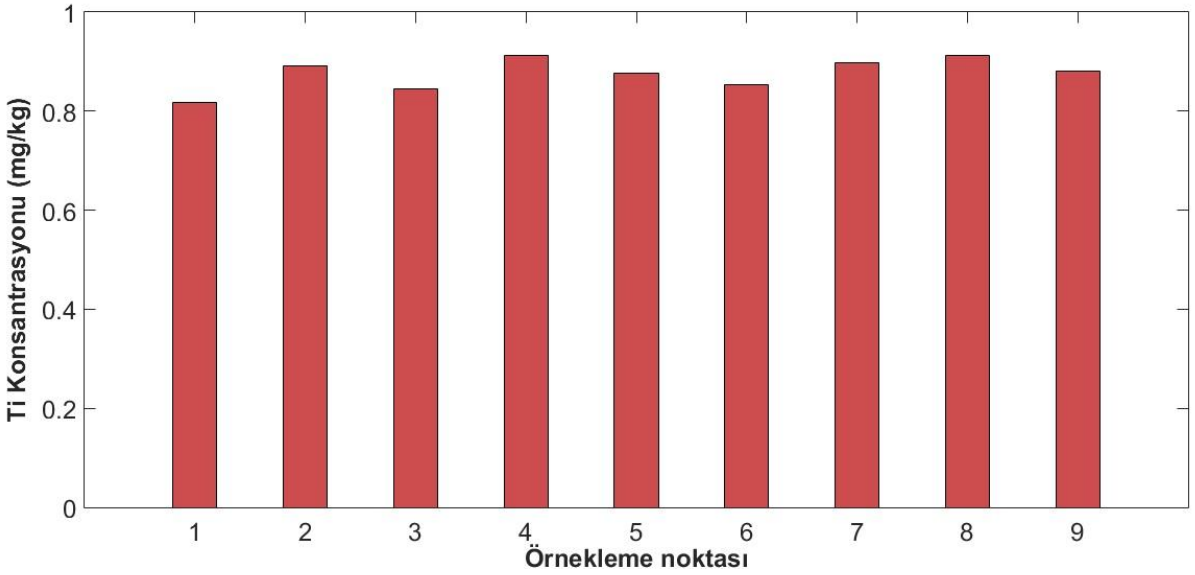
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Atıksu arıtma tesisi çıkış sularının verildiği dere suları ile sulanan mısır bitkisi tanelerindeki stratejik hammaddelerden Ga'un farklı örnekleme noktalarındaki konsantrasyonları Şekil 1'de gösterilmiştir.



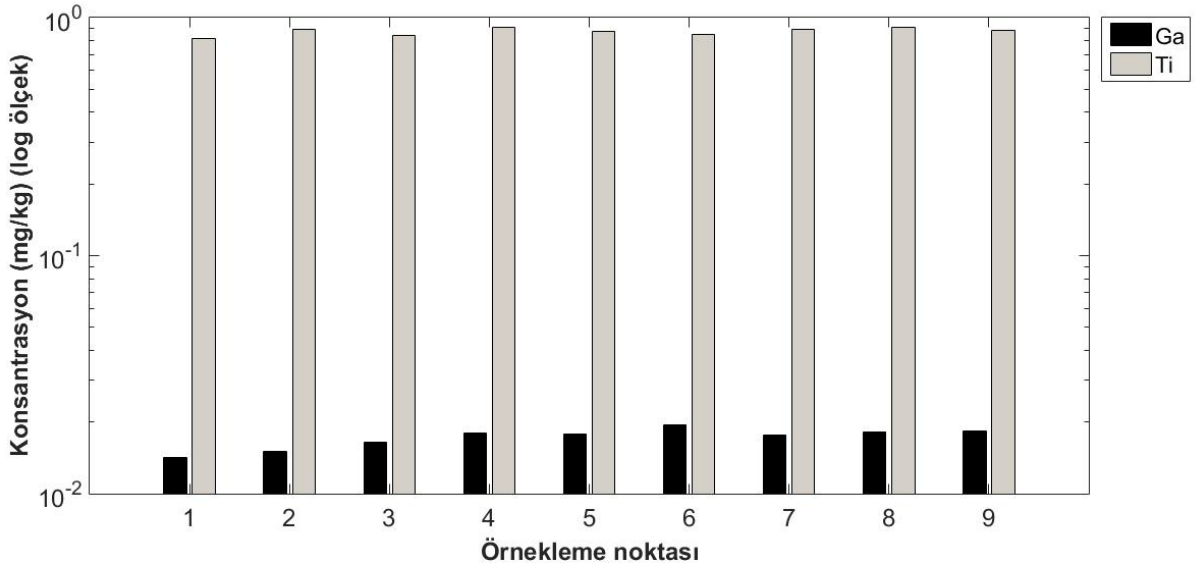
Şekil 1. Ga'un farklı örnekleme noktalarına göre konsantrasyonları

Şekil 1'e göre farklı örnekleme noktalarındaki mısır tanelerinde en yüksek Ga konsantrasyonu 6. örnekleme noktasında 0,0195 mg/kg olarak belirlenirken en düşük Ga konsantrasyonu 1. örnekleme noktasında 0,0142 mg/kg olarak belirlenmiştir. Örnekleme noktalarında tespit edilen Ga konsantrasyonları örnekleme noktalarına göre farklılıklar göstermiştir. Örnekleme noktalarına göre Ga konsantrasyonları küçükten büyüğe doğru 1 < 2 < 3 < 7 < 5 < 4 < 8 < 9 < 6 şeklinde sıralanmıştır. Mısır tanelerindeki kritik hammaddelerden Ti'un farklı örnekleme noktalarındaki konsantrasyonları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Ti'un farklı örnekleme noktalarına göre konsantrasyonları

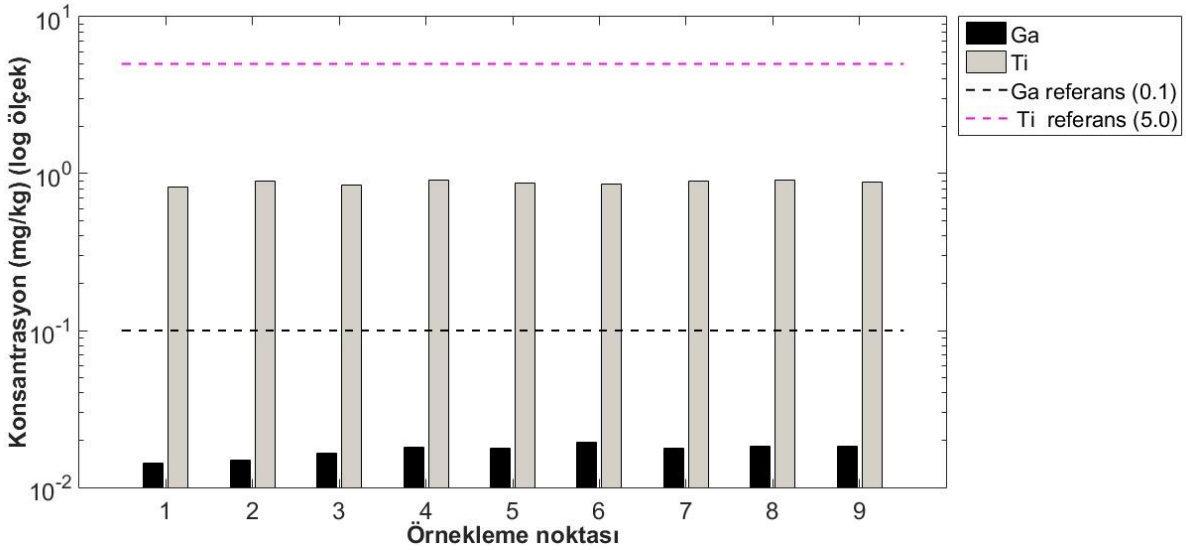
Şekil 2'ye göre farklı örnekleme noktalarındaki mısır tanelerinde en yüksek Ti konsantrasyonu 8. örnekleme noktasında 0,914 mg/kg olarak belirlenirken en düşük Ti konsantrasyonu 1. örnekleme noktasında 0,817 mg/kg olarak belirlenmiştir. Örnekleme noktalarında tespit edilen Ti konsantrasyonları örnekleme noktalarına göre farklılıklar göstermiştir. Örnekleme noktalarına göre Ti konsantrasyonları küçükten büyüğe doğru 1 < 3 < 6 < 5 < 9 < 2 < 7 < 4 < 8 şeklinde sıralanmıştır. Farklı örnekleme noktalarında mısır tanelerinde tespit edilen stratejik hammaddelerden Ga'un ve kritik hammaddelerden Ti'un karşılaştırılması Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Mısır tanelerinde tespit edilen Ga ve Ti konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Şekil 3 incelendiğinde mısır tanelerinde tespit edilen Ti konsantrasyonları her bir örnekleme noktasından toplanan mısır tanelerindeki Ga konsantrasyonlarından oldukça yüksek değerler

aldığı gözlenmiştir. 1. örnekleme noktasında Ti konsantrasyonu Ga konsantrasyonundan 57,57 kat, 2. örnekleme noktasında 59,47 kat, 3. örnekleme noktasında 51,21 kat, 4. örnekleme noktasında 50,67 kat, 5. örnekleme noktasında 49,27 kat, 6. örnekleme noktasında 43,74 kat, 7. örnekleme noktasında 50,68 kat, 8. örnekleme noktasında 50,22 kat ve 9. örnekleme noktasında 48,14 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, mısır bitkisi tanelerinde Ti elementinin daha iyi akümüle olduğunu gösterebilir. Çalışmamızda ayrıca tespit edilen Ga ve Ti konsantrasyonları Markert (1992) tarafından verilen referans bitki değerleriyle mukayese edilmiş ve elde edilen bulgular Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Ga ve Ti konsantrasyonlarının referans bitki değerleri ile karşılaştırılması

Ga ve Ti elementleri için Markert tarafından referans bitki değerleri 0,1 ve 5 mg/kg olarak verilmiştir (Markert, 1992). Şekil 4'e göre çalışmamızda elde edilen veriler incelendiğinde Markert tarafından verilen sınır değerlerden daha düşük konsantrasyonlarda Ga ve Ti konsantrasyonları tespit edilmiştir. Bu durum mısır tanelerinde referans bitkiye göre oldukça düşük bir akümülasyon olduğunu göstermiştir.

4. SONUÇLAR

Çalışmamızda elde edilen sonuçlar mısır tanelerinde en yüksek Ga konsantrasyonunun 6. örnekleme noktasında 0,0195 mg/kg olduğunu, en yüksek Ti konsantrasyonun ise 8. örnekleme noktasında 0,914 mg/kg olduğunu göstermiştir. Mısır tanelerinde Ti konsantrasyonlarının Ga konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kritik hammaddelerden Ti stratejik hammaddelerden Ga'a göre daha iyi akümüle olmuştur. Çalışmamızdaki sonuçlar farklı örnekleme noktalarında mısır tanelerinde tespit edilen Ti ve Ga elementlerinin referans bitki değerinden daha düşük konsantrasyonlarda olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak mısır

bitkisinde stratejik ve kritik hammaddelerden Ga ve Ti belirlenmesi nedeniyle, ileriye yönelik olarak bu elementlerin farklı metotlar kullanılarak mısır tanelerinden geri kazanımı sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Guan, T., Guo, M., Wang, L., & Liu, J. (2025). Production and recycling of the cutting edge material of gallium: A review. The Science of the Total Environment, 971(179046), 179046. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179046

Kara, B. (2022). Mısır (Zea mays L.): Bir Bitki; İki veya Üç Ürün. Türk Doğa ve Fen Dergisi, 11(1), 43–48. https://doi.org/10.46810/tdfd.935657 (Original work published as Mısır (Zea maysL.): Bir Bitki; İki veya Üç Farklı Ürün)

Kurtuldu, F., Mutlu, N., Boccaccini, A. R., & Galusek, D. (2022). Gallium containing bioactive materials: A review of anticancer, antibacterial, and osteogenic properties. Bioactive Materials, 17, 125–146. https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2021.12.034

Masat, G., İkikat Tümer, E., & Gürün, S. (2025). Mısır Yetiştiriciliğinde Toprak ve Su Kaynaklarının Sürdürülebilirliği Açısından Damla Sulama Yönteminin Uygulanabilirliği. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 12(1), 1–9.

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.

Najafizadeh, M., Yazdi, S., Bozorg, M., Ghasempour-Mouziraji, M., Hosseinzadeh, M., Zarrabian, M., & Cavaliere, P. (2024). Classification and applications of titanium and its alloys: A review. Journal of Alloys and Compounds Communications, 3(100019), 100019. https://doi.org/10.1016/j.jacomc.2024.100019

Özcan, S. (2009). Modern dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: Genetiği değiştirilmiş (Transgenik) mısırın tarımsal üretime katkısı. Türk Bilimsel Derlemeler Der, 2(2), 1–34.

Turhal, K. (2021). Türkiye'de Yıllara Göre Mısır (Zea mays L.) Ekim Alanları İle Verimin Mısır Üretimine Olan Etkileri. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 5(2), 418–425. https://doi.org/10.46291/ispecjasvol5iss2pp418-425

A DATA-DRİVEN EMPLOYEE LİFECYCLE ANALYTİCS FRAMEWORK FOR RETAİL WORKFORCE: INTEGRATİNG 360-DEGREE FEEDBACK, OKR PERFORMANCE TRACKİNG AND EXİT-INTERVİEW SİGNALS

Kemal BUYUKTAS
Flo Technology, Technology Department, Istanbul, Turkiye
ORCID: 0009-0007-7884-2872

1. ABSTRACT

Omnichannel retailers employ dispersed, high-turnover workforces, yet the human resources data informing employee lifecycle management remain fragmented across feedback, goal-setting, and separation processes. Although people analytics research is expanding, no published framework has operationalized 360-degree feedback, Objectives and Key Results (OKR) tracking, and exit-interview signals within a single analytical layer in retail. Following a design science approach, this study develops and deploys such a framework at a leading omnichannel retailer operating in Turkiye. The framework comprises 360-degree feedback, OKR tracking, and exit-interview modules, the last applying natural language processing to free text, an integration and pseudonymization layer, a lifecycle analytics and attrition risk module, and role-based decision-support dashboards. Employee-level records were compared across pre-implementation and post-implementation periods in a directional observational design; reported data are anonymized and aggregated in compliance with data privacy regulations. Findings suggest upward patterns in feedback and exit-interview participation, check-in regularity, goal alignment and attainment, engagement indicators, and manager dashboard use, downward patterns in feedback cycle time and insight-to-action latency, and a concentration of voluntary attrition among employees flagged with elevated attrition risk. This study contributes to the literature by providing a replicable architecture and a closed-loop mechanism linking exit-interview signals to competency and goal-setting processes.

Keywords: people analytics, employee lifecycle, retail workforce

2. INTRODUCTION

2.1 Background and Key Terms

Omnichannel retailers operate store networks and headquarters functions across wide geographies, with store workforces that combine part-time contracts, variable shifts, and high separation rates. The human resources data that could inform people decisions are generated by separate processes: 360-degree feedback cycles administered by human resources, goal-setting routines owned by line management, and exit-interview forms completed at departure. Because these processes are rarely linked at the employee level, patterns that span the employment journey, such as declining goal-progress behavior before a separation, go undetected, and

lessons from separations seldom return to the processes that could prevent them. This study addresses that fragmentation through the design and production deployment of an integrated employee lifecycle analytics framework at a leading omnichannel retailer operating in Turkiye. Six terms are used throughout the paper with the following meanings. Employee lifecycle management refers to the coordinated management of an employee's journey from onboarding through performance development to separation, treated as a continuous, data-informed process; the present framework covers the performance-development and separation stages of that journey, and onboarding is addressed as future work in Section 4. 360-degree feedback denotes a structured multi-rater assessment in which an employee receives evaluations from managers, peers, direct reports, and self-assessment against defined competencies. OKR is a goal-setting method in which qualitative objectives are paired with measurable key results, tracked at defined intervals. Exit-interview signals are structured and semi-structured feedback collected from departing employees regarding reasons for separation, workplace experience, and improvement suggestions. Attrition risk is the estimated likelihood that an employee voluntarily separates from the organization within a defined horizon, used strictly as a decision-support indicator rather than an automated decision. Employee engagement is the degree of an employee's commitment, involvement, and discretionary effort, observed through participation, feedback, and goal-progress behaviors.

The core research question asks how 360-degree feedback, OKR performance tracking, and exit-interview signals can be integrated into a unified data-driven framework to support employee lifecycle management in large-scale omnichannel retail. Three sub-questions, labeled RQ1 to RQ3, structure the inquiry. RQ1 asks what system architecture and data integration logic are required to consolidate 360-degree feedback, OKR tracking, and exit-interview data into a consistent employee-level analytical record while complying with data privacy regulations. RQ2 asks which directional patterns in employee engagement, goal attainment, and voluntary attrition risk emerge after implementation, compared with the pre-implementation period. RQ3 asks how exit-interview signals can be fed back into feedback and goal-setting processes to form a closed-loop employee lifecycle management cycle.

Four theoretical anchors inform the study: Social Exchange Theory, recently systematized as an umbrella framework for reciprocity in organizational relationships (Ahmad et al., 2023); Goal-Setting Theory (Locke & Latham, 2020); the Job Demands-Resources Model, in which feedback, autonomy, and clear goals act as job resources that buffer strain (Bakker et al., 2023);

and the Human Capital Analytics and Evidence-Based Human Resource Management perspective of data-informed people management (McCartney & Fu, 2022).

2.2 Literature Review

Four streams bear on this study: people analytics, 360-degree feedback and performance management, OKR and goal setting, and turnover and attrition analytics in retail and service work. Within each stream the sources are presented from the most recent to the earliest, and Section 2.3 states the gap at their intersection.

2.2.1 People Analytics and Data-Driven Human Resource Management

Margherita (2022) demonstrates, through a systematic review of the human resources analytics literature, that the field can be organized into enablers, applications, and value outcomes. The review finds the literature fragmented and separates descriptive applications from diagnostic and prescriptive ones. This map positions the present framework as an application moving toward diagnostic use. Building on this, McCartney and Fu (2022) demonstrate, through a systematic review of a decade of people analytics research, that debates over definitions, ownership, ethics and privacy, evidence of impact, and organizational readiness remain unresolved. Their central finding is a gap between the promise of evidence-based decision making and the documented reality. The present study responds by documenting a production deployment with pseudonymization and consent as architectural components. From a different angle, Tursunbayeva et al. (2022) demonstrate, through a scoping review of academic and grey literature, that the ethical discourse on people analytics is largely practitioner-driven, with transparency, proportionate data use, privacy, and employee benefit as recurring requirements. They conclude that academic treatment of these risks remains nascent. This is why the present design confines attrition risk to decision support withheld from line managers. Together, these reviews frame people analytics as a field whose credibility depends on within-organization evidence produced under explicit privacy safeguards, which is the stance adopted here.

2.2.2 Multi-Rater (360-Degree) Feedback and Performance Management Systems

Nielsen et al. (2022) demonstrate, in a pre-training and post-training study of a leadership program with 360-degree feedback, that self-other agreement before training shaped the outcomes each party later perceived. They find that leaders and followers disagreed about who had improved most and argue that 360-degree feedback results should be read in light of self-other agreement rather than as a single score. This motivates reporting scores by rater group in the present framework. A related concern is rater composition: Vriend et al. (2021) demonstrate, through an archival analysis of a very large multinational 360-degree feedback dataset, that

greater cultural distance between leader and rater lowers self-other agreement, especially for ratings by superiors. They conclude that results should be interpreted with rater characteristics in mind. This justifies retaining region cluster and role band in the analytical record. At the level of the appraisal process, Pichler et al. (2020) demonstrate, in a meta-analysis framed by the due process model of appraisal, that the link between feedback frequency and favorable reactions is moderated by rating favorability and employees' knowledge of performance standards. They find that frequent feedback helps mainly when standards are clear. In the present framework, cascaded OKR definitions supply those standards. Taken together, this stream implies that 360-degree feedback is informative only when rater structure is preserved and when the standards against which feedback is given are explicit, two requirements the framework meets through rater-group storage and cascaded objectives.

2.2.3 OKR and Goal-Setting Frameworks in Organizational Performance

Barbala et al. (2025) demonstrate, in a case study of a large financial services organization that adopted OKR organization-wide, that employees struggled mainly with formulating goals and fitting OKR into daily work, while training and routines supported adoption. They identify six challenges and six enablers of OKR use in large-scale agile settings. These findings informed the explicit parent links between objectives and the scheduled check-ins of the present framework. A complementary study by Butler et al. (2024) demonstrates, through interviews and a large survey of engineers in a multinational software company, that setting, measuring, and tracking goals remains difficult regardless of tooling and that middle management is the critical link. They conclude that investment in the data pipeline, transparency, and a structured rollout are necessary for a goal framework to succeed. The present study therefore treats OKR tracking as a data pipeline integrated with other human resources records. Beyond the software sector, Rompho (2024) demonstrates, through interviews with staff of many organizations that had adopted OKR, that OKR improves the acceptance of performance indicators, their alignment with strategy, and the quality of target setting. The study finds that OKR mitigates several recognized performance-measurement problems. This is why the goal alignment rate is monitored here. Underpinning this stream, Locke and Latham (2020) demonstrate, in a retrospective account of the inductive construction of Goal-Setting Theory over several decades, that its core propositions, moderators, and mediators were established and refined through cumulative empirical work. They conclude that this inductive program produced a durable and practically useful theory. The present framework pairs specific key results with periodic progress feedback, the configuration under which the theory expects goals to direct

effort. The stream converges on a practical condition: OKR delivers its motivational effects only when goals are formulated with support, linked across levels, and tracked through a dependable data pipeline.

2.2.4 Employee Turnover, Exit Interviews, and Attrition Risk Analytics in Retail and Service Workforces

Chandra et al. (2023) demonstrate, through a survey of frontline retail employees analyzed with structural equation modeling, that transformational leadership and corporate social responsibility initiatives raise intention to stay through employer branding and organizational identification. They find that leadership has the stronger effect, which positions the line manager as the proximate lever on retail turnover. This supports routing leadership-related exit-interview signals to the competency model for supervisors and store managers. At the point of separation, König et al. (2022) demonstrate, through a survey of employees who had left an employer, that having an exit interview is associated with stronger residual affective commitment and less willingness to complain, mediated by perceived interpersonal fairness. They recommend two-way exit conversations and deliberate planning of the exit phase. The present framework operationalizes that recommendation by administering the exit-interview form at resignation notice. From a different angle, Lazzari et al. (2022) demonstrate, using a large multi-country employee survey, that turnover intention can be predicted with both interpretable and gradient-boosted models and that feature importance and causal analysis identify plausible intervention targets. They find that logistic regression and Light Gradient Boosting Machine (LightGBM) perform best and argue that explaining predictions is what makes them usable for intervention. This informs the present pairing of LightGBM with a logistic baseline and SHapley Additive exPlanations (SHAP). Together, these studies locate the levers of retail retention in line leadership and in the exit phase, and show that attrition prediction becomes actionable only when its explanations reach the people who intervene.

2.3 Research Gap, Contributions, and Paper Structure

The four streams share the premise that people decisions improve when behavioral signals are timely, trusted, and connected, but they have not been operationalized together: people analytics reviews call for within-organization evidence and privacy-preserving designs; feedback research shows that 360-degree feedback results need rater-group and segment context; OKR studies show that goal frameworks need an integrated data pipeline and routines; and turnover research shows that attrition prediction is feasible and explainable while exit-interview signals are rarely returned to the processes that could act on them. To the author's knowledge, no

published, peer-reviewed framework has simultaneously operationalized 360-degree feedback, OKR performance tracking, and exit-interview signals within a single pseudonymized employee-level record in a production retail deployment, nor documented the mechanism by which exit-interview signals are routed back into competency and goal-setting processes. Consequently, the link posited by Social Exchange Theory between organizational responsiveness to exit-interview signals and subsequent employee engagement lacks applied evidence from a high-turnover store workforce.

The present study addresses this gap through three contributions. First, it specifies a layered architecture and data integration logic, including identity resolution and pseudonymization, that consolidates the three streams into a single employee-level record, together with the development, validation, and monitoring procedures of the models that operate on it (RQ1). Second, it reports directional pre-implementation versus post-implementation observations on employee engagement, goal attainment, and attrition-related patterns from a production deployment (RQ2). Third, it formalizes a closed-loop mechanism through which classified exit-interview signals trigger reviews of the competency model and team-level objectives (RQ3).

Section 3 presents the research approach, the system architecture, the data and preprocessing, model development, the observational analysis approach, the observed outcomes, the model evaluation results, and the discussion; Section 4 concludes with limitations and future research; Section 5 lists the references.

3. RESEARCH AND FINDINGS

3.1 Research Approach

The study follows a design science research approach, in which an information technology artifact is built to address an organizational problem, deployed in its intended environment, and evaluated against that problem (vom Brocke et al., 2020). The artifact is the framework described in Section 3.2; the problem is the fragmentation described in Section 2.1. The research proceeded through four phases: problem framing with human resources business partners and store operations managers; architecture and module design, including a privacy design reviewed with the organization's data protection function; production deployment in staged waves across store clusters and headquarters units; and an observational evaluation comparing a pre-implementation period with a post-implementation period. The evaluation was designed as a directional comparison: because deployment waves were scheduled by operational readiness rather than random assignment, effect magnitudes could not be interpreted causally, and the data-sharing agreement under which the study was conducted permits the

reporting of directions only. Two data states are distinguished throughout the paper: the pseudonymized operational store (Section 3.2), used by the organization's analytics engineering function, which developed, validated, and monitors the models of Section 3.4 as part of the deployment; and the research extract (Section 3.3), which the author's evaluation role used together with that function's aggregated validation and monitoring reports, without access to the operational store or to the pseudonymization key.

3.2 System Architecture

The framework is organized into five conceptual layers realized by six software modules; Figure 1 presents the layers and the flow of data among them. The Data Sources Layer comprises the human resources information system, 360-degree feedback forms, the OKR platform, exit-interview forms, and workforce scheduling and tenure records; the Integration and Privacy Layer performs identity resolution, pseudonymization, consent management, and data quality enforcement; the Analytics Layer computes employee engagement indicators, goal-attainment scores, attrition risk scores, and natural language processing outputs on exit free text; the Decision-Support Layer delivers dashboards, alerts, and development-plan recommendations; and the Feedback Loop returns exit-interview insights to the competency model and goal-setting processes. Data flow from the sources at the top to decision support at the bottom, and the feedback loop is drawn as a return path to the 360-degree feedback and OKR components; the figure is conceptual and does not depict system output.

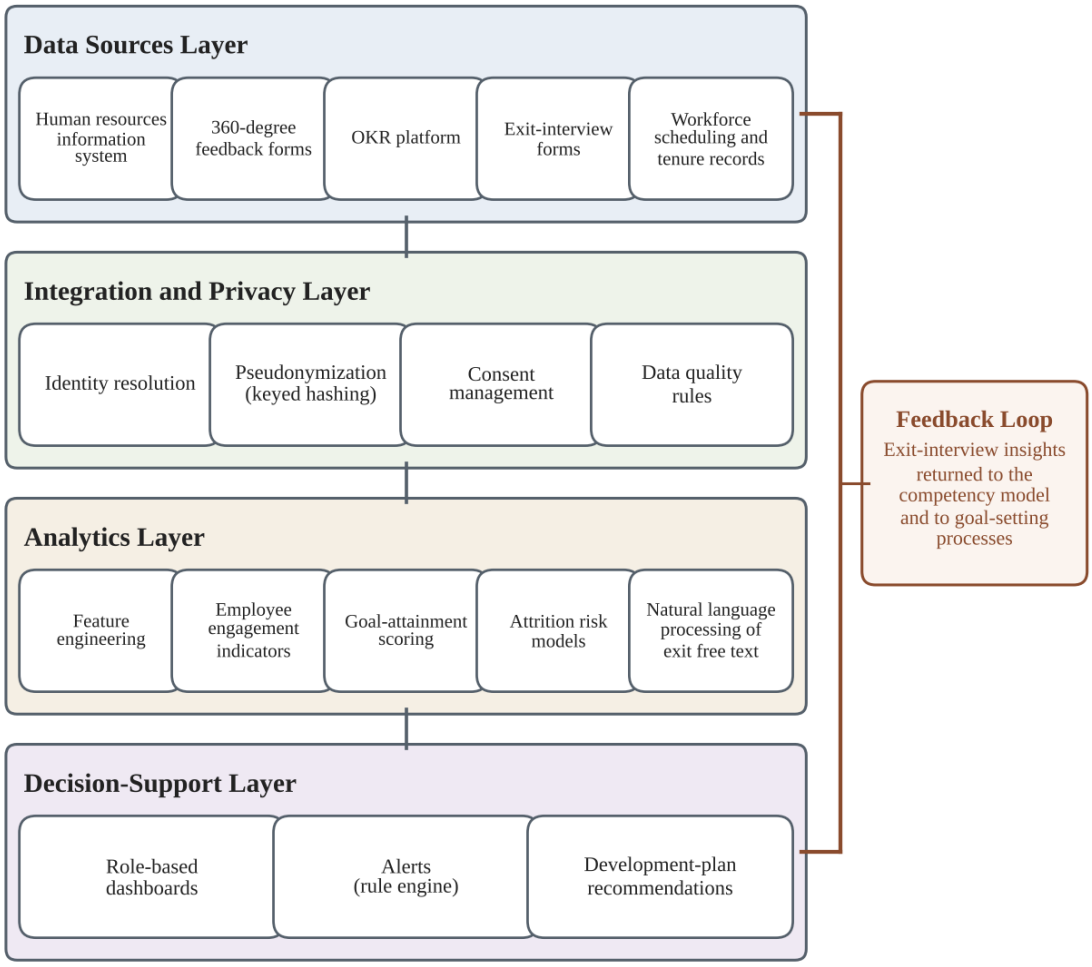


Figure 1. Layers and Data Flow of the Integrated Employee Lifecycle Analytics Framework

The technology stack fits an enterprise with a Microsoft productivity platform and a relational data estate. Data capture for 360-degree feedback forms, OKR check-ins, and exit-interview forms runs on a low-code form and workflow platform (Microsoft Power Apps and Power Automate), which also hosts the OKR platform shown in Figure 1; integration with the human resources information system and the scheduling system uses Representational State Transfer (REST) Application Programming Interface (API) connectors orchestrated by Apache Airflow nightly, with webhooks delivering form submissions as events; PostgreSQL hosts the operational store. Analytics are implemented in Python with pandas and scikit-learn for feature engineering, LightGBM with a logistic-regression baseline for attrition risk scoring, and SHAP for explanations; natural language processing uses the Hugging Face Transformers library with a fine-tuned Cross-lingual Language Model based on RoBERTa (XLM-RoBERTa). Alerting uses a rule engine implemented as decision tables executed by a Python rules service, dashboards are delivered in Power BI, and privacy services comprise a pseudonymization

service, a consent registry, role-based access control based on OAuth 2.0 and OpenID Connect, and audit logging. Each module is described once below; the development, validation, and deployment of the two models are described in Section 3.4.

The 360-Degree Feedback Module stores the competency model as versioned configuration: core behavioral competencies shared by store and headquarters roles plus role-family competencies, each with indicators rated on a five-point scale. Rater assignment follows hierarchy data from the human resources information system, supplemented by manager-approved peer nominations, with rater groups of manager, peers, direct reports where applicable, and self; scores are stored per rater group, a group is reported only when at least three raters have responded, and reports are generated at cycle close and acknowledged by the employee on delivery. The OKR Tracking Module implements quarterly objectives with measurable key results, cascading from company to team to individual objectives through explicit parent links; check-ins every two weeks capture a progress value, a confidence indicator, and an optional comment per key result, and progress scoring aggregates to the objective level and records check-in regularity, the proportion of scheduled check-ins completed.

The Exit-Interview Module presents a structured exit-interview form at resignation notice, administered by the human resources business partner, with an optional semi-structured interview, and records a primary and a secondary separation reason from an eight-category taxonomy: compensation and benefits; career development and growth; manager relationship and leadership; scheduling, workload, and work-life balance; working conditions and store environment; relocation and personal circumstances; alternative employment opportunity; and other. Free-text responses, written in Turkish, are passed to the exit free-text classifier of Section 3.4.2, which assigns a sentiment class and one or more topic labels aligned with the taxonomy.

The Employee Data Integration and Pseudonymization Layer resolves identities across sources using the human resources information system employee identifier as the primary key; form submissions carry that identifier through the authenticated session, and historical records lacking it are matched on a keyed hash of corporate email and hire date. The resolved identifier is replaced by a pseudonymous key produced with a keyed-Hash Message Authentication Code (HMAC) based on the Secure Hash Algorithm 256 (SHA-256) under a secret held by the human resources data steward, so the operational store contains no direct identifiers. The store is therefore pseudonymized rather than anonymized: re-identification by the data steward under a

documented request is deliberately retained so that a business partner can act on a flagged case, and every such request is audit-logged. Records without recorded consent are excluded at ingestion, and data quality rules enforce schema validation, referential integrity, permitted value ranges, and recency checks.

The Lifecycle Analytics and Attrition Risk Module computes the employee engagement indicators and goal-attainment trends listed in Table 1 and the attrition risk scores produced by the model of Section 3.4.1; scores are presented as risk bands and used only as decision support, as described in Section 3.4.4. The module also implements the feedback loop. A recurring theme, referred to hereafter as an exit-interview insight, is a topic label that appears in at least a preset minimum number and a preset minimum share of an organizational unit's exit records within a rolling 30-day window, with the minimum number set to protect anonymity in small units; when an insight is detected, the rule engine opens a review item proposing a change to the competency model for competency-related themes or to team objectives for goal-related and workload-related themes. Development-plan recommendations are generated for every employee from the lowest-rated competencies in the latest feedback report, independently of attrition risk.

The Human Resources Decision-Support Dashboard provides role-based views: human resources business partners see flagged cases for their regions by pseudonymous key, with SHAP explanations, exit-theme trends, and open review items; line managers see team-level employee engagement indicators, OKR progress, and development-plan recommendations for their direct reports, but not attrition risk scores, so that the indicator cannot influence day-to-day supervision. Row-level security restricts each view to the units for which the viewer is accountable.

3.3 Data Description

The data source is a leading omnichannel retailer operating in Turkiye. The analytical unit is the employee-month record, assembled from the five sources named in Section 3.2 and covering store and headquarters staff who had given consent for analytical use; the scale of the dataset, in stores, regions, and employee-month records, is withheld under the data-sharing agreement. In the operational store the record carries the pseudonymous key. The research extract was derived from the store by the data protection function: the key was replaced by a non-reversible study identifier, tenure was generalized to bands, free text was excluded, and small segment cells were suppressed. Every outcome reported in Section 3.6 was then aggregated by employment segment, region cluster, and role band, and only these aggregates are reported; the

model evaluation results in Section 3.7 are taken from the aggregated validation and monitoring reports named in Section 3.1. The reported data are therefore anonymized and aggregated in compliance with data privacy regulations.

3.3.1 Dataset Attributes

Table 1 lists the attributes of the record. The employee engagement indicator composite is the standardized mean of rater completion ratio, check-in regularity, key-result update count, and feedback-report acknowledgement; it deliberately excludes key-result progress, so that goal attainment and employee engagement are measured separately.

Table 1. Dataset Attributes of the Integrated Employee-Month Record

Attribute	Description	Data Type
pseudonymous_employee_key	HMAC pseudonym in the operational store; non-reversible study identifier in the research extract	String
employment_segment, region_cluster, role_band, contract_type	Store or headquarters; geographic cluster; job level group; full-time or part-time	Categorical
tenure_months, shift_variability_index	Months since hire (tenure band in the research extract); dispersion of weekly scheduled hours (store staff only)	Integer; Numeric
feedback_cycle_id, feedback_cycle_days	Feedback cycle identifier; days from launch to report delivery	String; Integer
competency_score_self, competency_score_manager, competency_score_peer_mean, competency_score_report_mean	Mean rating per rater group on the five-point scale	Numeric
rater_completion_ratio, report_acknowledged_flag	Completed divided by assigned rater forms; feedback report acknowledged by the employee	Numeric; Boolean
active_objective_count, key_result_progress_mean, key_result_update_count	Open individual objectives; mean key-result progress at month end; key-result updates in the month	Integer; Numeric; Integer
checkin_regularity_index, days_since_last_checkin	Completed divided by scheduled check-ins (rolling 30 days); days since last check-in	Numeric; Integer
alignment_flag, engagement_indicator_composite	All objectives linked to a team objective; composite defined above	Boolean; Numeric
separation_flag, separation_type, separation_month	Separation in the record month; voluntary, involuntary, or other; month of separation	Boolean; Categorical; Date (month)
exit_interview_completed_flag, exit_reason_structured_flag, exit_reason_primary, exit_reason_secondary	Form completed; both reasons recorded; reasons from the eight-category taxonomy	Boolean; Boolean; Categorical
exit_sentiment_class, exit_topic_labels	Sentiment class; topic labels of free text (operational store only)	Categorical; Multi-label categorical
attrition_risk_score, attrition_risk_band, model_version_id	Calibrated 90-day probability; low, elevated, or high; version of the scoring model	Numeric; Categorical; String
development_plan_update_flag, insight_to_action_days	Development plan changed in the month; days from an exit-interview insight to the corresponding process change (unit level)	Boolean; Integer

Attribute	Description	Data Type
manager_dashboard_sessions, consent_status, record_month	Dashboard sessions of the responsible line manager (rolling 30 days, manager level); consent status; reporting month	Integer; Categorical; Date (month)

3.3.2 Data Preprocessing

Preprocessing runs as Apache Airflow tasks before each monthly scoring run. Duplicate removal retains the latest submission per pseudonymous key, source, and cycle or check-in date, and de-duplicates human resources information system extracts by primary key. Missing values are handled by rule: a missing rater group is retained with a coverage flag rather than imputed; a missing key-result progress value is carried forward and marked as stale; a missing exit free text leaves the record as structured-only; and a missing scheduling record sets the shift variability index to not available, handled natively by the gradient-boosted model and as an indicator variable by the logistic baseline. Outlier detection applies robust z-scores based on the median and median absolute deviation, flagging extreme values for analyst review rather than removing them, and excludes straight-lined rater responses (identical ratings across all indicators of a competency set) from rater-group means.

Aggregation uses a rolling 30-day window for check-in regularity, shift variability, and dashboard sessions, and cycle-level aggregation for 360-degree feedback and OKR progress, with all windows closed at month end. Merging operates at two levels: cross-source merging joins the five sources on the pseudonymous key and record month, with the human resources information system extract as the spine so that employees without feedback, OKR, or exit records in a month are retained, and cross-segment merging sets store-specific attributes to not applicable for headquarters staff and maps role titles from both segments onto the common role band taxonomy.

3.4 Model Development, Validation, and Deployment

3.4.1 Attrition Risk Model

The attrition risk model predicts voluntary separation within the 90-day horizon that begins the month after the feature month. Predictors are the feedback, OKR, scheduling, tenure, and segment attributes of Table 1, frozen at month end; the separation and exit-interview attributes are excluded from the predictor set, so no information from the label window enters the features. Training uses a three-way temporal split in which training months precede a calibration period and a held-out test period: class weighting addresses the imbalance between separations and continuations, isotonic calibration and the band thresholds of Section 3.4.4 are fitted on the calibration period, and all validation metrics are computed on the test period. LightGBM is the champion model and logistic regression on the same predictors is the baseline; both are trained

on identical pseudonymized data, and SHAP values are computed for the champion. Validation reports discrimination through the area under the receiver operating characteristic curve (AUROC) and the area under the precision-recall curve (AUPRC), operating performance through recall and precision at the elevated-band threshold, and calibration through the Brier score and reliability curves, each with bootstrap confidence intervals on the test period; score distributions by contract type, role band, and region cluster are also inspected. Models are versioned in a model registry (MLflow) with their training window, predictor list, thresholds, and validation metrics, and each monthly score carries the model version identifier recorded in Table 1.

3.4.2 Exit Free-Text Classifier

The classifier is a fine-tuned XLM-RoBERTa model with a sentiment head and a multi-label topic head aligned with the eight-category taxonomy, trained on historical exit free text in Turkish labeled by human resources analysts; person and store names are masked before training and inference, and the multilingual model requires no translation step. Validation uses a time-ordered holdout and reports macro-averaged F1 scores for the sentiment head and for the topic head against analyst labels, together with precision and recall per topic label; inter-analyst reliability on a double-labeled subset is measured with Cohen's kappa per label. Each cycle, analysts review a random sample of classifications, and their corrections are added to the training set for the next retraining under human-in-the-loop supervision. The classifier is versioned in the same model registry and is scored on each form submission; a retrained classifier replaces the production version only if its macro-averaged F1 scores on the time-ordered holdout do not fall and no per-label recall drops below its tolerance.

3.4.3 Monitoring and Retraining

Monitoring runs monthly as Airflow tasks. Feature drift is measured with the population stability index on each predictor and on the score distribution against the training window; because separation outcomes mature only after the 90-day horizon, delayed-label AUPRC, recall at threshold, and calibration are recomputed each month for the cohort scored three months earlier. For the classifier, agreement with the analyst sample is tracked, and growth in the share of text classified as "other" triggers a taxonomy review. Tolerances for each monitored quantity are preset by the analytics engineering function and recorded in the model registry. Retraining is scheduled quarterly and is also triggered when a drift index or a delayed-label metric exceeds its tolerance, or when human resources flags an organizational change such as a new store cluster or a scheduling policy change. For the attrition risk model, a retrained

challenger is scored in shadow alongside the champion for one cycle and is promoted only if it improves AUPRC without worsening calibration or segment-level recall beyond tolerance.

3.4.4 From Prediction to Action

Calibrated scores are mapped into bands by two thresholds fitted on the calibration period: the elevated threshold is chosen so that the expected number of flagged cases matches the monthly review capacity of human resources business partners while meeting a minimum recall agreed with human resources, and the high threshold marks the scores above which review is prioritized. Thresholds are stored as parameters of the rule engine's decision tables, which combine band, tenure band, and recent indicator changes into review prompts, and are revisited at each quarterly retraining. False positives are expected at any usable threshold and are managed by design: a flag is a review prompt rather than a decision, the SHAP explanation lets the business partner judge whether the signal is plausible, every dismissed flag is logged with a reason, dismissal rates are monitored as a precision proxy, and dismissals attributed to data quality open data-quality tickets.

3.5 Observational Analysis Approach

The evaluation compares a pre-implementation period with a post-implementation period, each spanning the same number of quarterly goal cycles; a legacy quarterly goal-setting process with scheduled updates and quarter-end completion status preceded the OKR platform, so both periods align to quarter boundaries. For each metric in Table 2, segment-level aggregates were computed for the two periods and the direction of change was recorded, with pre-implementation baselines reconstructed from the legacy records the framework replaced, as listed per metric in the table. Two metrics, dashboard adoption and the time from exit-interview insight to action, have no pre-implementation equivalent and are reported as trends across successive post-implementation periods, monthly for dashboard adoption and quarterly for insight-to-action time. Within the post-implementation period, voluntary attrition was additionally compared between employees in the elevated or high attrition risk bands at the start of a month and employees in the low band; this comparison evaluates the discriminative value of the indicator and is reported with the model results in Section 3.7. Directions are reported at the aggregate level with segment-level deviations noted in the tables; no numeric values, counts, or percentages are reported, under the data-sharing agreement.

3.6 Observed Outcomes in Employee Lifecycle Management

Results are indicative and directional in nature. The absence of a randomized control group constitutes a recognized limitation of this study. Table 2 lists the nine lifecycle metrics with

their baseline source, the observed direction, and the theoretical perspective with which the direction is consistent; for example, a directional upward pattern was observed in 360-degree feedback participation and completion following framework implementation, consistent with Social Exchange Theory.

Table 2. Observed Directional Outcomes Following Framework Implementation

Metric	Pre-Implementation Baseline	Observed Directional Outcome	Theoretical Alignment
360-degree feedback participation and completion rate	Legacy feedback cycle records	Directional upward pattern relative to the baseline	Social Exchange Theory: reciprocity
Feedback cycle time from launch to report delivery	Legacy feedback cycle records	Directional downward pattern relative to the baseline, coinciding with the move to the form platform	Evidence-Based Human Resource Management: digitized process
OKR check-in regularity and key-result update frequency	Legacy goal records (scheduled updates)	Directional upward pattern relative to the baseline	Goal-Setting Theory: tracked goals sustain effort
Goal alignment rate between individual and team objectives	Legacy goal records	Directional upward pattern relative to the baseline, appearing earlier in headquarters than in stores	Goal-Setting Theory and Job Demands-Resources Model: goal clarity as a resource
Goal attainment (mean key-result progress at quarter end)	Legacy goal records (quarter-end status)	Directional upward pattern relative to the baseline	Goal-Setting Theory: specific goals with progress feedback
Exit-interview completion rate and structured-reason coverage	Legacy exit forms	Directional upward pattern relative to the baseline, coinciding with administration at resignation notice	Evidence-Based Human Resource Management: systematic signal capture
Employee engagement indicator composite	Reconstructed from legacy feedback and goal records	Directional upward pattern relative to the baseline, less pronounced among part-time store associates	Job Demands-Resources Model: feedback and clear goals as resources
Time from exit-interview insight to a corresponding change in development plans or competency model	None; post-implementation trend	Directional downward pattern across successive post-implementation quarters	Social Exchange Theory: responsiveness closes the loop
Manager engagement with decision-support dashboards	None; post-implementation trend	Directional upward pattern across successive post-implementation months, more pronounced in stores	Evidence-Based Human Resource Management: manager adoption

Table 3 details how recurring exit-interview signal themes were routed to receiving processes under RQ3 and the response observed in each during the post-implementation period, and Figure 2 presents the resulting cycle.

Table 3. Closed-Loop Pathways From Exit-Interview Signals to Competency and Goal-Setting Processes

Recurring Exit-Interview Signal Theme	Receiving Process	Observed Directional Response (Post-Implementation)	Theoretical Alignment
Career development and growth	Competency model and development planning	Upward pattern across successive quarters in development-plan updates referencing internal mobility and skill building	Social Exchange Theory: responsiveness
Manager relationship and leadership	360-degree feedback competency model	Upward pattern across successive quarters in revisions of leadership indicators for supervisor and store manager roles	Social Exchange Theory: responsiveness
Scheduling, workload, and work-life balance	OKR team objectives at store level	Upward pattern across successive quarters in team objectives addressing schedule predictability and workload distribution	Job Demands-Resources Model: demand reduction
Working conditions and store environment	OKR team objectives and store operations review items	Upward pattern across successive quarters in review items opened for store operations	Job Demands-Resources Model: demand reduction
Compensation and benefits	Outside the loop; escalated to the compensation function	No change through the framework; theme reported for policy review only	Not applicable
Alternative employment opportunity, relocation and personal circumstances, and other	Monitoring only	No process change; themes retained as context for attrition risk review	Not applicable

Figure 2 depicts the closed-loop employee lifecycle management cycle as a ring of eight stages: capture of exit-interview signals at resignation notice; sentiment and topic classification; detection of exit-interview insights; review items that update the competency model or team objectives; the following 360-degree feedback and OKR cycles; employee engagement indicators and goal-attainment trends; attrition risk review by human resources business partners; and development planning and manager decision support, after which the cycle returns to capture. The figure is conceptual.

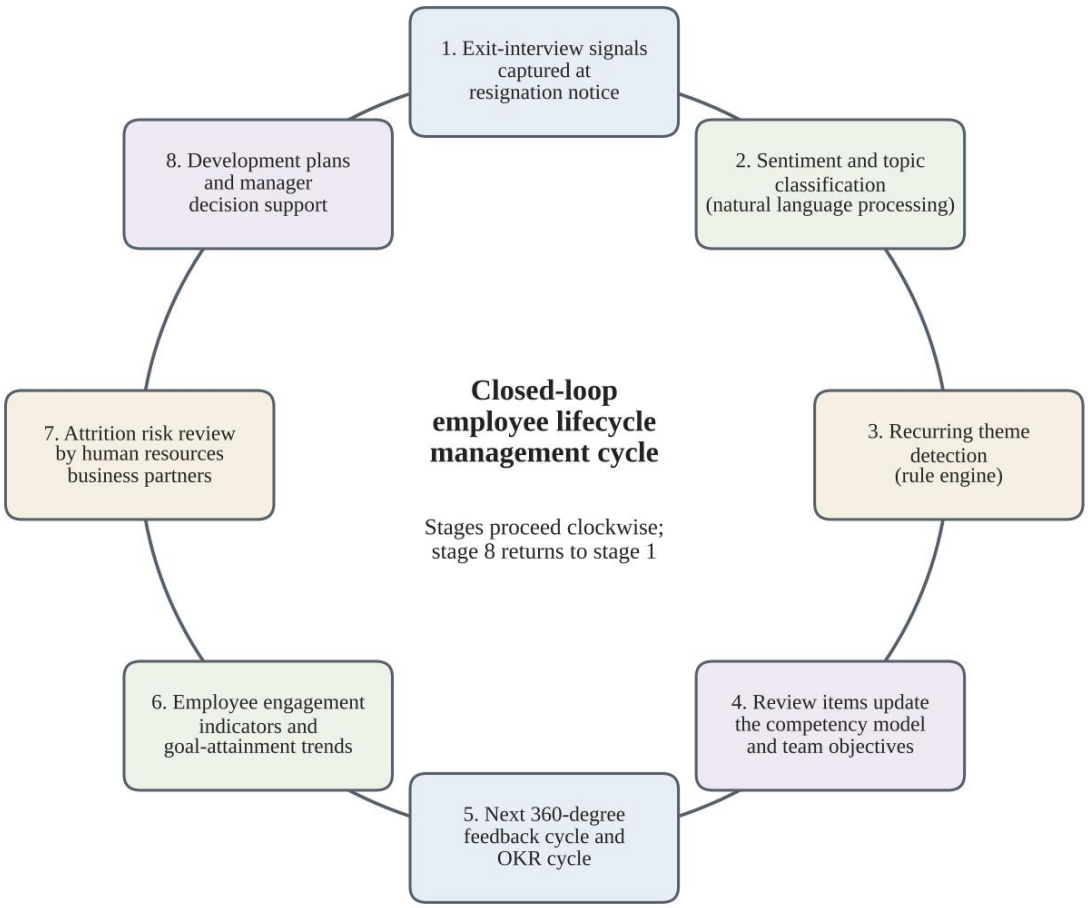


Figure 2. Closed-Loop Employee Lifecycle Management Cycle Linking Exit-Interview Signals to Feedback and Goal-Setting Processes

3.7 Model Evaluation Results

Table 4 summarizes the evaluation of the two models on the held-out test period and during monitoring in the post-implementation period, in the same directional form as Section 3.6. Three observations complement the table. The directions of the leading SHAP contributions were consistent with the Job Demands-Resources view that depleted resources precede separation, and the baseline model was retained as a transparency cross-check because its explanations agreed with those of the champion on the leading predictors. The two topic labels with the lowest classifier agreement, manager relationship and working conditions, were also the two with the lowest inter-analyst kappa, which indicates overlapping language rather than a model deficiency alone and led to a refinement of the labeling guideline. The only monitoring excursion occurred at the seasonal hiring peak, when the shift variability distribution exceeded

its tolerance and a scheduled retraining was brought forward; no other trigger fired during the period.

Table 4. Model Evaluation Design and Directional Results

Model and Metric	Comparison or Procedure	Directional Result
Attrition risk: AUROC and AUPRC	LightGBM versus logistic baseline on the held-out test period, with bootstrap intervals	LightGBM above the baseline on both
Attrition risk: recall and precision at the elevated threshold	Threshold fitted on the calibration period to review capacity at an agreed minimum recall	Recall target met on the test period; precision stable across monitoring months
Attrition risk: Brier score and reliability curves	Isotonic calibration fitted on the calibration period, evaluated on the test period	Close to the diagonal in the low and elevated bands; departure in the sparse high band
Attrition risk: band discrimination	Flagged versus non-flagged employees within the post-implementation period	Voluntary attrition directionally concentrated in the elevated and high bands
Attrition risk: SHAP global importance	Champion model on the test period	Check-in regularity, days since last check-in, rater completion ratio, shift variability, and tenure most influential
Attrition risk: score distributions by segment	Contract type, role band, and region cluster	Higher scores among part-time store associates; no formal fairness audit performed
Exit classifier: macro-averaged F1 scores and per-label precision and recall	Time-ordered holdout against analyst labels	Sentiment above the agreed acceptance level; topic agreement highest for compensation, scheduling, and relocation, lowest between manager relationship and working conditions
Exit classifier: inter-analyst Cohen's kappa	Double-labeled subset, per label	Lowest for the same two overlapping labels; labeling guideline refined
Monitoring: population stability index and delayed-label metrics	Monthly against the training window	Within tolerance except at the seasonal hiring peak, which brought a scheduled retraining forward
Monitoring: analyst-sample agreement, share of "other", flag dismissal rate	Monthly	No decline in agreement; no taxonomy review triggered; dismissal rate did not rise

3.8 Discussion

3.8.1 Interpretation

Taken together, the directional patterns suggest that the main contribution of integration was not the invention of new human resources practices but the removal of friction between existing ones: each process now produces a record the other two can use, and the movements in participation, regularity, attainment, and responsiveness appear to follow from that connectivity rather than from any single module. Three qualifications shape this reading. The downward pattern in feedback cycle time coincided with the replacement of the legacy collection process and is best read as a digitization effect rather than a change in rater behavior. The weaker engagement pattern among part-time store associates, together with their higher attrition risk

scores, implies that indicators built from participation behaviors can conflate motivation with opportunity: an employee who cannot attend a scheduled check-in because of shift structure should not be read as disengaged, and the model may partly learn scheduling constraints. The concentration of voluntary attrition among flagged employees, and the prominence of goal and feedback behaviors in the model's explanations, are consistent with the possibility that the integrated record carries information about separation that no single stream carries alone, although no single-stream comparison was performed and the pattern does not imply that flagging reduced attrition. The findings therefore support the integration logic while cautioning against treating behavioral indicators as direct measures of attitude.

3.8.2 Link to Theory

The theoretical anchors help to explain why the patterns point in the observed directions. From the perspective of Social Exchange Theory, the organization's visible investment in collecting feedback and acting quickly on exit-interview signals signals that employee input is valued, and reciprocity would predict the upward participation patterns observed. Goal-Setting Theory accounts for the goal-related patterns: when objectives are specific, aligned, and reviewed at defined intervals, the theory expects greater attention and persistence, a pattern the check-in, alignment, and attainment indicators followed; the theory also warns that failure against high goals can depress motivation, which is why goal attainment and employee engagement are measured separately. The Job Demands-Resources Model frames feedback, autonomy, and goal clarity as resources that buffer strain; the concentration of separations among employees whose feedback and goal-progress behaviors were weakest is consistent with the model's health-impairment path, while the sensitivity of the engagement composite and the risk scores to scheduling points to demands the framework measures only indirectly. Finally, the Human Capital Analytics and Evidence-Based Human Resource Management perspective positions the framework as data-informed people management whose decision quality depends on the integrity of the record, which is why the architecture invests as heavily in identity resolution and pseudonymization as in modeling.

3.8.3 Managerial Implications

Four implications follow for practitioners. First, organizations with high-turnover store workforces should link existing human resources processes at the employee level before investing in new surveys or models, because the integrated record appears to generate most of the analytical value. Second, attrition risk indicators should be confined to human resources business partners, accompanied by explanations, and separated from line-manager views, so

that the indicator informs supportive intervention rather than supervision; in the author's assessment, withholding scores from line managers is a condition for employee trust. Third, the closed loop requires an owner: exit-interview insights should route to a named process owner for the competency model and for team objectives, with the time from insight to action tracked as a management metric, since without ownership exit-interview signals revert to archival data. Fourth, indicator definitions should be adjusted for part-time and shift-based employees, and indicators and risk scores should be audited across employee groups before action is taken.

4. CONCLUSION

This study designed, deployed, and observationally evaluated an integrated employee lifecycle analytics framework at a leading omnichannel retailer operating in Turkiye, unifying 360-degree feedback, OKR performance tracking, and exit-interview signals in one pseudonymized employee-level record. In answer to RQ1, the paper specified a five-layer architecture realized by six modules, with identity resolution, HMAC-based pseudonymization, consent management, and role-based access control as the integration logic, together with documented procedures for model training, validation, monitoring, and prediction-to-action. In answer to RQ2, directional patterns suggested upward movement relative to the pre-implementation baseline in feedback participation, check-in regularity, goal alignment, goal attainment, exit-interview completion, and the employee engagement composite; a downward pattern in feedback cycle time; rising dashboard adoption and falling insight-to-action latency across the post-implementation period; and, within that period, a concentration of voluntary attrition among employees flagged with elevated or high attrition risk, all indicative rather than causal. In answer to RQ3, the paper formalized a closed-loop mechanism in which exit-interview insights open review items that update the competency model and team objectives, and documented which themes the loop can and cannot act upon. The contribution of the study is thus a replicable architecture and a documented closed-loop mechanism that return exit-interview signals to competency and goal-setting processes.

Several limitations bound the interpretation of the findings. The design is observational and directional, without a randomized control group, so the patterns cannot be attributed to the framework with causal confidence and may reflect concurrent organizational changes, seasonal variation in retail staffing, or the attention that accompanies any new system. Pre-implementation values were reconstructed from legacy records and carry measurement error, and two metrics have no pre-implementation equivalent at all. Inclusion depended on recorded consent, which may have selected employees who differ from those who did not consent. Model

performance is reported directionally from the organization's own validation and monitoring reports, which were not independently reproduced; the attrition risk indicator was inspected by segment but not subjected to a formal fairness audit, and the exit free-text classifier was validated against analyst labels rather than an independent gold standard. The study covers a single organization in a single country, which limits transferability, and the data-sharing agreement precludes numeric values that would allow readers to assess effect magnitudes.

Three directions for future research follow from these limitations. First, a causal evaluation of the framework through quasi-experimental or staggered rollout designs across store clusters, with rollout timing scheduled to support difference-in-differences estimation, would allow effect magnitudes to be estimated. Second, extension of the framework with onboarding and internal mobility data would cover the complete employee lifecycle and relate early-tenure signals to later feedback, goal, and separation records. Third, a fairness, explainability, and regulatory assessment of attrition risk indicators in people analytics, including bias auditing across employee groups such as contract type, role band, and region, is needed before such indicators are adopted more widely.

5. REFERENCES

Ahmad, R., Nawaz, M. R., Ishaq, M. I., Khan, M. M., & Ashraf, H. A. (2023). Social exchange theory: Systematic review and future directions. *Frontiers in Psychology*, *13*, Article 1015921. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1015921

Bakker, A. B., Demerouti, E., & Sanz-Vergel, A. (2023). Job demands–resources theory: Ten years later. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, *10*, 25–53. https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-120920-053933

Barbala, A., Moe, N. B., Stray, V., Aamo, H., Uthus, M., Tkalich, A., & Nygaard, T. A. (2025). Objectives and key results in large-scale agile organizations: Challenges and enablers. In *Proceedings of the 58th Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 7442–7451). University of Hawai‘i at Mānoa. https://doi.org/10.24251/HICSS.2025.890

Butler, J. L., Zimmermann, T., & Bird, C. (2024). Objectives and key results in software teams: Challenges, opportunities and impact on development. In *Proceedings of the 46th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice* (pp. 358–368). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3639477.3639747

Chandra, S., Ghosh, P., & Sinha, S. (2023). Addressing employee turnover in retail through CSR and transformational leadership. *International Journal of Retail & Distribution Management*, *51*(5), 690–710. https://doi.org/10.1108/IJRDM-07-2022-0237

König, C. J., Richter, M., & Isak, I. (2022). Exit interviews as a tool to reduce parting employees' complaints about their former employer and to ensure residual commitment. *Management Research Review*, *45*(3), 381–397. https://doi.org/10.1108/MRR-02-2021-0148

Lazzari, M., Alvarez, J. M., & Ruggieri, S. (2022). Predicting and explaining employee turnover intention. *International Journal of Data Science and Analytics*, *14*(3), 279–292. https://doi.org/10.1007/s41060-022-00329-w

Locke, E. A., & Latham, G. P. (2020). Building a theory by induction: The example of goal setting theory. *Organizational Psychology Review*, *10*(3–4), 223–239. https://doi.org/10.1177/2041386620921931

Margherita, A. (2022). Human resources analytics: A systematization of research topics and directions for future research. *Human Resource Management Review, 32*(2), Article 100795. https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2020.100795

McCartney, S., & Fu, N. (2022). Promise versus reality: A systematic review of the ongoing debates in people analytics. *Journal of Organizational Effectiveness: People and Performance, 9*(2), 281–311. https://doi.org/10.1108/JOEPP-01-2021-0013

Nielsen, K., Tafvelin, S., von Thiele Schwarz, U., & Hasson, H. (2022). In the eye of the beholder: How self-other agreements influence leadership training outcomes as perceived by leaders and their followers. *Journal of Business and Psychology*, *37*(1), 73–90. https://doi.org/10.1007/s10869-020-09730-3

Pichler, S., Beenen, G., & Wood, S. (2020). Feedback frequency and appraisal reactions: A meta-analytic test of moderators. *The International Journal of Human Resource Management*, *31*(17), 2238–2263. https://doi.org/10.1080/09585192.2018.1443961

Rompho, N. (2024). Do objectives and key results solve organizational performance measurement issues? *Benchmarking: An International Journal*, *31*(3), 669–682. https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2022-0464

Tursunbayeva, A., Pagliari, C., Di Lauro, S., & Antonelli, G. (2022). The ethics of people analytics: Risks, opportunities and recommendations. *Personnel Review*, *51*(3), 900–921. https://doi.org/10.1108/PR-12-2019-0680

vom Brocke, J., Hevner, A., & Maedche, A. (2020). Introduction to design science research. In J. vom Brocke, A. Hevner, & A. Maedche (Eds.), *Design science research. Cases* (pp. 1–13). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46781-4_1

Vriend, T., Rook, C., Garretsen, H., Stoker, J. I., & Kets de Vries, M. (2021). Relating cultural distance to self-other agreement of leader–observer dyads: The role of hierarchical position. *Frontiers in Psychology*, *12*, Article 738120. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.738120

İHRACATÇI–İTHALATÇI İLİŞKİLERİNİN KURULMASINDA SOSYAL MEDYANIN ROLÜ: DİNAMİK YETENEKLER GÖRÜŞÜ

Shabnam MOHAMMADI
Dokuz Eylül University, Graduate School of Social Sciences,
English Business Management Doctoral Program, İzmir, Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-6987-0301
E-mail: mhdshabnam@gmail.com

ÖZET

Dijital kanalların ihracatçıların yabancı müşterileri bulma, değerlendirme ve iletişim kurma biçimlerinde yarattığı değişimin ihracatçı–ithalatçı ilişkilerinin kurulmasına etkileri yeterince açıklanmamıştır. Bu ilişkilere yönelik araştırmalar güven, bağlılık, iletişim, iş birliği ve uyarlamaya; işletmeler arası pazarlarda sosyal medya araştırmaları ise benimseme, içerik, etkileşim, satış desteği ve performansa odaklanmıştır. Gündelik sosyal medya faaliyetlerinin uluslararası iş ilişkileri geliştirmeye yönelik tekrarlanabilir bir örgütsel kapasiteye nasıl dönüştüğü ise daha az bilinmektedir. Çalışma, sosyal medya destekli ihracatçı–ithalatçı ilişkilerinin kurulmasındaki öncülleri, uygulamaları, sonuçları ve dinamik yetenek süreçlerini incelemektedir. Dinamik Yetenekler Görüşü (DCV) temelinde sezme, fırsatları değerlendirme ve yeniden yapılandırma; ihracatçıların pazar ve müşteri gelişmelerini yorumladığı, fırsatlar doğrultusunda kaynakları harekete geçirdiği ve ilişkilerin değişen gereksinimlerine göre örgütsel düzenlemelerini değiştirdiği süreçler olarak ele alınmaktadır. Ayrıca uyum sağlama, ağ oluşturma, özümseme, yönetsel biliş ve öğrenme yetenekleri, uluslararası müşteri geliştirmeyle ilgili tamamlayıcı stratejik dinamik yetenekler olarak değerlendirilmektedir. Keşfedici nitel tasarımdaki çalışmanın verileri, amaçlı ve kartopu örneklemeyle seçilen, Türkiye'de farklı sektörlerdeki 18 ihracatçı firmanın kilit katılımcılarıyla yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilmiştir. Görüşme verileri, Öncüller–Uygulamalar–Sonuçlar (APO) yapısı çerçevesinde düzenlenen nitel içerik analiziyle incelenmiş ve DCV doğrultusunda yorumlanmıştır. Çalışma, odağı yalnızca sosyal medyanın benimsenmesinden, dijital bilgi ve etkileşimin uluslararası müşteri geliştirme süreçlerine dâhil edilmesini sağlayan örgütsel uygulamalara kaydırarak ihracatçı–ithalatçı ilişkileri ve işletmeler arası sosyal medya araştırmalarına katkıda bulunmaktadır. Sosyal medya, kendi başına dinamik bir yetenek değil, yeteneklerle ilişkili süreçlerin ortaya konulabildiği dijital bir bağlam olarak kavramsallaştırılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Sosyal medya; ihracatçı–ithalatçı ilişkileri; dinamik yetenekler.

HOW SOCIAL MEDIA BUILDS EXPORTER-IMPORTER RELATIONSHIPS: DYNAMIC CAPABILITIES VIEW

ABSTRACT

Digital channels have changed how exporting firms encounter, evaluate, and communicate with foreign customers, yet their implications for exporter–importer relationship building remain insufficiently explained. Research on these relationships has emphasized trust, commitment, communication, cooperation, and adaptation, while B2B social media studies have focused on adoption, content, engagement, sales support, and performance. Less is known about how everyday social media activity becomes a repeatable organizational capacity for developing international business relationships. Addressing this gap, the study examines the antecedents, practices, and outcomes associated with social media use in exporter–importer relationship building and explores how dynamic capabilities are expressed within this process. Drawing on the Dynamic Capabilities View (DCV), it considers sensing, seizing, and reconfiguring as processes through which exporters interpret market and customer developments, mobilize resources around opportunities, and modify organizational arrangements as relationship requirements change. Adaptive, network, absorptive, managerial cognitive, and learning capabilities are also considered as complementary strategic dynamic capabilities relevant to international customer development. The study adopts an exploratory qualitative design, drawing on semi-structured interviews with key informants from 18 exporting firms across different industries in Türkiye, selected through purposive and snowball sampling. Interview data were examined through qualitative content analysis, organized around an Antecedents–Practices–Outcomes (APO) structure, and interpreted through the DCV. The study contributes to exporter–importer relationship and B2B social media research by shifting attention from adoption alone to the organizational practices through which digital information and interaction are incorporated into international customer development. Social media is therefore conceptualized as a digital context in which capability-related processes may be expressed, rather than as a dynamic capability in itself.

Keywords: Social media; exporter-importer relationships; dynamic capabilities.

OECD ÜLKELERİNDE KAMU BORÇLARININ YAKINSAMA DİNAMİKLERİ: B, Σ VE PHİLLİPS–SUL YAKLAŞIMI

Doç. Dr. İnci SANDALCI[1]
Doç. Dr. Ulvi SANDALCI[2]

Öz

Bu çalışmanın amacı, 2007–2025 döneminde kamu borçlarının yakınsama dinamiklerini OECD ülkeleri odağında incelemek ve ülkelerin ortak bir uzun dönem patikasına yönelip yönelmediğini belirlemektir. Bu kapsamda, 39 ülkeden oluşan örneklemde genel devlet brüt borcunun gayrisafi yurt içi hasılaya oranı kullanılarak β-yakınsaması, σ-yakınsaması ve Phillips–Sul kulüp yakınsaması yaklaşımları birlikte uygulanmıştır. β-yakınsaması analizi başlangıç borç düzeyi ile sonraki borç artışı arasındaki ilişkiyi, σ-yakınsaması analizi ülkeler arasındaki dağılımın zaman içerisindeki değişimini, Phillips–Sul yaklaşımı ise ortak ve kulüp düzeyindeki yakınsama örüntülerini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Bulgular, β-yakınsaması katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Buna göre, başlangıçta daha düşük borç oranlarına sahip ülkelerde borç oranları daha hızlı artmıştır. Bununla birlikte, ülkeler arasındaki borç oranlarının standart sapmasının dönem genelinde yükselmesi, σ-yakınsamasının gerçekleşmediğini ortaya koymaktadır. Phillips–Sul log-t testi de tam örneklem için ortak yakınsama hipotezini reddetmektedir. Kulüp yakınsaması analizi sonucunda ise sırasıyla 2, 4 ve 33 ülkeden oluşan üç yakınsama kulübü belirlenmiştir. Japonya ve Yunanistan birinci kulüpte; ABD, Fransa, Kanada ve İtalya ikinci kulüpte; Türkiye ise diğer ülkelerle birlikte üçüncü kulüpte yer almaktadır. Farklı kırpma oranlarıyla gerçekleştirilen sağlamlık analizleri, kulüp sayısı ve bileşimi değişebilmekle birlikte, kulüp yakınsamasına ilişkin temel bulgunun korunduğunu göstermektedir. Sonuçlar, kamu borçlarında homojen bir yakınsama süreci bulunmadığına işaret etmekte ve borç yönetimi ile mali uyum politikalarının ülkelerin farklılaşan borç dinamikleri dikkate alınarak tasarlanmasını desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Kamu borcu, OECD, β-yakınsaması, σ-yakınsaması, Phillips–Sul kulüp yakınsaması.

PUBLIC DEBT CONVERGENCE DYNAMICS IN OECD COUNTRIES: β-CONVERGENCE, σ-CONVERGENCE, AND THE PHILLIPS–SUL APPROACH

Abstract

This study examines public debt convergence dynamics over the period 2007–2025, with a focus on OECD countries, and investigates whether countries follow a common long-run

[1] Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Maliye Bölümü, inci.agacan@dpu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4995-8482
[2] Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Maliye Bölümü, ulvi.sandalci@dpu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1527-0815

trajectory. Using general government gross debt as a percentage of gross domestic product for a sample of 39 countries, the analysis combines β-convergence, σ-convergence, and the Phillips–Sul club convergence approach. The β-convergence analysis assesses the relationship between initial debt ratios and subsequent debt growth, while the σ-convergence analysis evaluates changes in cross-country dispersion. The Phillips–Sul approach tests convergence for the full sample and identifies groups of countries with similar transition dynamics. The findings reveal a negative and statistically significant β-convergence coefficient, indicating that countries with lower initial debt ratios experienced faster increases in their debt ratios. However, the overall increase in the cross-country standard deviation provides no evidence of σ-convergence. The Phillips–Sul log-t test also rejects the null hypothesis of full-sample convergence. Nevertheless, the club convergence analysis identifies three convergence clubs comprising 2, 4, and 33 countries, respectively. Japan and Greece form the first club; the United States, France, Canada, and Italy constitute the second; and Türkiye belongs to the third club alongside the remaining countries. Robustness checks using alternative trimming parameters show that the number and composition of clubs vary, while the central finding of club convergence remains unchanged. Türkiye consistently belongs to the largest club across specifications. Overall, the results indicate heterogeneous public debt trajectories and support the design of debt management and fiscal adjustment policies that account for differences in countries' debt dynamics.

Keywords: Public debt, OECD, β-convergence, σ-convergence, Phillips–Sul club convergence.

1. GİRİŞ

Kamu borcunun GSYH'ye oranı, ülkelerin borç yükünü ekonomilerinin büyüklüğüne göre karşılaştırmaya imkân veren temel göstergelerden biridir. Küresel finans krizi ve COVID-19 salgını gibi ortak şoklar birçok ülkede kamu borç oranlarını artırmış olsa da bu artışın boyutu ve sonrasındaki seyir ülkeler arasında farklılaşmıştır. Bu nedenle OECD genelinde borç oranının nasıl değiştiği kadar, ülkeler arasındaki farkların zamanla daralıp daralmadığı da önem taşımaktadır.

Kamu borçlarında yakınsamayı inceleyen çalışmalar, ülkelerin tek bir ortak patikada birleşmeyebileceğini ve benzer borç dinamiklerine sahip alt grupların oluşabileceğini göstermektedir (Apergis ve Cooray, 2014; Akram ve Rath, 2019; Brou vd., 2025). Bu çalışma, OECD ülkeleri odağında kamu borcu yakınsamasını üç tamamlayıcı yöntemle incelemektedir. Bu amaçla 2007–2025 döneminde 39 ülkenin genel devlet brüt borcunun GSYH'ye oranına

ilişkin yıllık veriler kullanılmıştır. β-yakınsaması analizi başlangıç borç oranı ile sonraki artış hızı arasındaki ilişkiyi, σ-yakınsaması analizi ülkeler arasındaki dağılımın zaman içindeki değişimini, Phillips–Sul yaklaşımı ise ortak yakınsama ve yakınsama kulüplerinin varlığını değerlendirmek için kullanılmıştır.

Çalışmanın izleyen bölümünde teorik çerçeve ve ilgili literatür ele alınmaktadır. Ardından veri seti ve yöntem açıklanmakta, ampirik bulgular sunulmakta ve son bölümde bulguların borç yönetimi açısından ne ifade ettiği tartışılmaktadır.

2. TEORİK KAPSAM

Modern maliye anlayışıyla birlikte devletin üstlendiği görev ve fonksiyonların genişlemesi, kamu harcamalarının sürekli ve önemli ölçüde artmasına neden olmuştur. Gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan ülkelerde kamu harcamalarının temel finansman kaynağını vergiler oluşturmakla birlikte, artan harcamaların yalnızca olağan kamu gelirleriyle karşılanması her zaman mümkün olmamaktadır. Bu durum, hükümetleri özelleştirme, emisyon ve borçlanma gibi alternatif finansman yöntemlerine yöneltmektedir. Özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde kalkınma için gerekli sermaye birikimi ve teknolojik altyapının yetersizliği, kamu harcamalarında disiplinin sağlanamaması ve bütçe açıklarının artması, borçlanmanın kamu gelirleri içerisindeki önemini artırmaktadır.

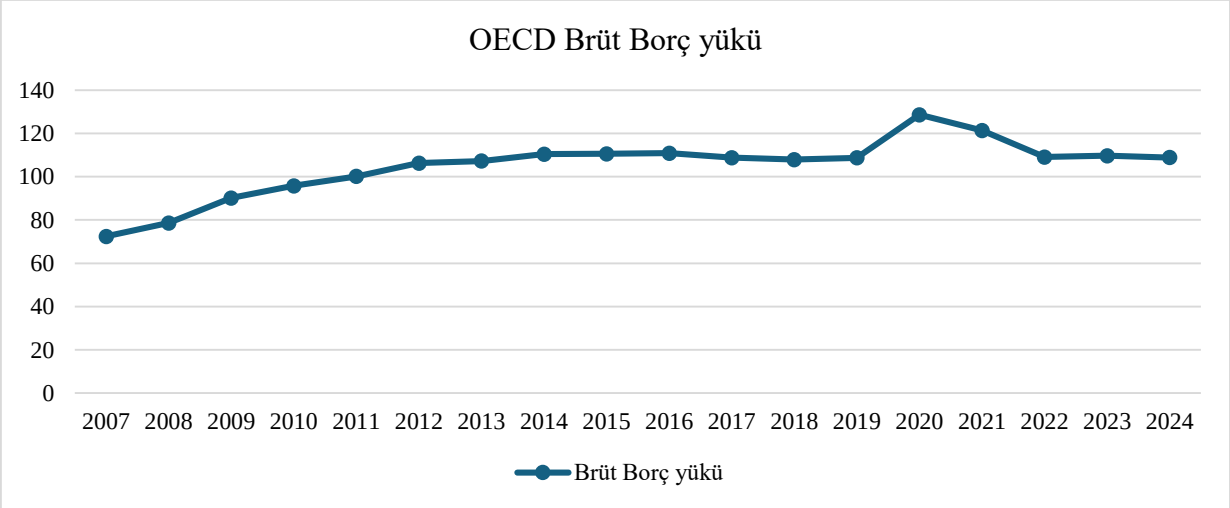
Kamu borçlanmasına yönelik yaklaşımlar, tarihsel süreç içerisinde iktisadi düşüncedeki değişimlere paralel olarak farklılaşmıştır. Klasik iktisatçılar, kamu borçlanmasının deprem, sel ve savaş gibi olağanüstü durumlarla sınırlandırılması gerektiğini savunmuş; borçların kısa vadede geri ödenmesini ve kamu maliyesinde dengeli bir yapının korunmasını ön planda tutmuştur. Bu yaklaşımda, artan kamu borçlarının gelir dağılımını bozabileceği ve bireylerin üretim ile tüketim kararlarını etkileyebileceği düşüncesi öne çıkmaktadır. Buna karşılık, müdahaleci devlet anlayışının gelişmesiyle birlikte kamu borçlanması, yalnızca olağanüstü dönemlerde başvurulan bir finansman yöntemi olmaktan çıkarak kamu harcamalarının finansmanında kullanılan olağan bir araç hâline gelmiştir. Böylece kamu borçlarının kamu gelirleri içerisindeki önemi artmış ve borçlanma birçok ülkede süreklilik kazanmıştır. Bununla birlikte, vergilerden farklı olarak borçlanma, vade sonunda anapara ve faiz ödemelerini gerektirdiğinden gelecekteki bütçeler üzerinde mali yük oluşturmaktadır. Bu durum, kamu borçlanmasının yalnızca mevcut finansman ihtiyacı açısından değil, uzun vadeli mali sürdürülebilirlik bakımından da değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Yaşar, 2022).

Kamu maliyesi literatüründe kamu harcamalarının bileşiminin başta ekonomik, mali, politik olmak üzere çeşitli faktörlerin etkisi altında şekillendiği kabul edilmektedir. Bunlardan

ekonomik gelişmişlik düzeyi, Wagner Kanunu çerçevesinde kamu harcamalarının gelişimini etkileyen temel unsurlardan biridir. Ekonomik gelişmeyle birlikte devletin üstlendiği işlevlerin çeşitlenmesi ve genişlemesi, kamu harcamalarının hacminde ve bileşiminde değişimlere yol açabilmektedir. Kamu sektörünün nispi büyüklüğü de kamu harcamalarının bileşimini etkileyen faktörler arasındadır. Kamu kesiminin millî gelir içerisindeki payı, kaynakların farklı kamu hizmetleri ve faaliyet alanları arasında nasıl dağıtıldığını etkileyebilmektedir. Politik yapı, bütçe kaynaklarının tahsisinde belirleyici olan bir diğer unsurdur. Toplumsal grupların siyasal karar alma süreçlerine katılım düzeyleri, demokratik kurumların işleyişi ve farklı kesimlerin bütçe üzerindeki etkileri, kamu harcamalarının önceliklerini ve dağılımını şekillendirebilmektedir. Son olarak, kamu borç düzeyi ve borç servisi yükümlülükleri, bütçe kaynaklarının kullanımını sınırlandırarak kamu harcamalarının hem toplam hacmi hem de bileşimi üzerinde etkili olmaktadır (Akdemir ve İlgün, 2011).

Günümüzde hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde kamu harcamalarının finansmanında vergilerin yanı sıra kamu borçlanmasının da önemli bir finansman aracı olarak kullanıldığı görülmektedir. Özellikle kamu harcamalarının artması, bütçe açıklarının ortaya çıkması ve ekonomik krizler gibi gelişmeler, ülkelerin borçlanma ihtiyacını artırabilmektedir. Aşağıdaki Grafik 1'de gösterilen OECD ülkelerinin son yıllardaki kamu borçlarının gelişimi de kamu borçlanmasının kamu maliyesi içerisindeki önemini ortaya koymaktadır.

Grafik 1: OECD Ülkelerinde Genel Devlet Brüt Borcunun GSYH'ya Oranı



Kaynak: OECD, 2026

Grafik 1, OECD ülkelerinin 2007-2024 dönemindeki ortalama brüt kamu borcunun GSYH'ye oranının değişimini göstermektedir. 2007 yılında yaklaşık %72 düzeyinde olan brüt borç yükü, 2008 küresel finans krizinin ardından artış eğilimine girmiş ve 2012-2019 yılları arasında %110 civarı dalgalı seyir izlemiştir. COVID-19 salgınını takip eden 2020 yılında brüt borç yükü

yaklaşık %129'a ulaşarak dönem içindeki en yüksek seviyeye gelmiştir. 2021 yılından itibaren borç yükünde düşüş görülmekle birlikte bu oran 2022'de yaklaşık %109 seviyesine yani pandemi öncesi seviyeye gerilemektedir. 2023 ve 2024 yıllarında ise %109-110 civarında yatay seyir izlemektedir.

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Kamu borcu farklı ekonomiler arasında değişiklik göstermektedir. Ekonomik geçmiş, mevcut borç düzeyleri, uluslararası finansman kaynaklarına bağımlılık, sosyoekonomik yapı, siyasi istikrar, doğal kaynaklar gibi faktörler, ülkelerin kamu borcu sürdürülebilirliği açısından farklılaşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, söz konusu farklılıkların yakınsama kulüpleri çerçevesinde incelenmesi önem taşımaktadır. Phillips ve Sul'un (2007, 2009) öncü çalışmalarından bu yana araştırmacılar, bölgesel düzeyde yakınsama kulüplerini etkileyen faktörleri incelemektedir. Kamu borcunun yakınsama kulüplerinin belirlenmesinde temel bir gösterge olarak kullanılması, mali sürdürülebilirliğin anlaşılmasını genişletmekte; ekonomik istikrarın ve yakınsamanın değerlendirilmesinde borç yönetiminin kritik rolünü ortaya koymaktadır (Brou, vd.,2025).

Kamu borçlarının yakınsamasına ilişkin çalışmalar, ülkeler arasında tek bir ortak borç dinamiğinin bulunmayabileceğini ve genel yakınsama sonuçlarının ülke grupları itibarıyla farklılaşabileceğini göstermektedir. Nitekim Bertarelli vd. (2014), 1991-2008 döneminde Avrupa Birliği ülkelerinde bütçe açığı, kamu borcu, toplam kamu gelirleri ve harcamaları gibi mali göstergeleri β-yakınsama ve σ-yakınsama yöntemleriyle incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda Borç/GSYH oranı açısından β-yakınsaması bulunamamıştır.

Akram ve Rath (2019), 1990-1991 ile 2014-2015 yılları arasındaki yıllık verileri kullanarak Hindistan eyaletleri arasındaki kamu borcu yakınsamasını Phillips ve Sul (2007) tarafından geliştirilen kulüp yakınsama tekniği kullanılarak incelemişlerdir. Elde edilen bulgular, Hindistan eyaletlerinin tamamı açısından kamu borcunda ıraksama olduğunu ortaya koymaktadır.

Apergis ve Cooray (2014), Haziran 2009-Haziran 2013 döneminde beş Avrupa Ekonomik ve Parasal Birliği (EMU) ülkesinde kamu borçlarının yakınsamasını, Phillips ve Sul (2007) kulüp yakınsaması yaklaşımıyla incelemiştir. Bulgular, Yunanistan ve Portekiz'de borç yakınsamasının gerçekleşmediğini göstermektedir.

Ren vd. (2026), 2010-2020 döneminde 116 ülke ve bölgede kamu borçlarının yakınsama dinamiklerini Phillips-Sul log t-testi, mekânsal ekonometri ve sıralı logit modelleriyle incelemiştir. Bulgular üç temel sonuç ortaya koymaktadır. Kamu borçlarında küresel ölçekte

tek bir yakınsama eğilimi bulunmamakta; ülkeler yüksek, orta ve düşük borç düzeylerini temsil eden üç yakınsama kulübüne ayrılmaktadır. Tüm ülkeler birlikte değerlendirildiğinde anlamlı olmayan mekânsal bağımlılık, yakınsama kulüpleri ayrı ayrı incelendiğinde anlamlı hâle gelmektedir. Enerji kırılganlığının, özellikle kulüp içi mekânsal modellerde, kamu borcu dinamikleriyle ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Rant vd. (2021), 1995-2018 döneminde Avrupa Birliği üyesi ülkelerde toplam borç, kamu borcu ve özel sektör borcunun yakınsama üzerindeki etkisini doğrudan incelemektedir. Bulgular, borçluluk düzeyinin artmasının yakınsama hızını yavaşlattığını ve bu etkinin kamu borcunda özel sektör borcuna kıyasla daha güçlü olduğunu göstermektedir.

Brou vd. (2025), Sahra Altı Afrika ülkelerinde 1985-2021 dönemindeki kamu borcunun yakınsama özellikleri analiz edilmiştir. Kamu borcu açısından küresel ölçekte bir yakınsamanın gerçekleştiğine ilişkin herhangi bir kanıt bulunamamış olmakla birlikte, yakınsama kulüplerinin varlığı, coğrafi, siyasi veya ideolojik benzerliklerden ziyade benzer borç profillerine sahip ülkelerin bir araya gelmesinin umut vadeden bir yaklaşım olduğu ifade edilmiştir.

Andrés ve Franco (2025), 1996-2022 döneminde 38 OECD ülkesinde kamu yönetiminin etkinliği ile kişi başına düşen GSYH, enflasyon, işsizlik, kamu borcu ve kamu harcamaları olmak üzere beş temel ekonomik politika değişkenindeki σ-yakınsama ve β-yakınsama dinamiklerini incelemiştir. Çalışmada incelenen ekonomik göstergelerin çoğunda σ-yakınsaması görülmesine karşın β-yakınsaması görülememiştir.

Kamu borçlarında yakınsama çalışmalarında genel olarak ülkeler arasındaki farklılıkların azalıp azalmadığı, başlangıçta yüksek borç oranına sahip ülkelerin daha düşük borç oranlarına sahip ülkelere kıyasla daha hızlı bir iyileşme gösterip göstermediği veya ülkelerin ortak bir uzun dönem dengesine yönelip yönelmediği araştırılmaktadır. Özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde Maastricht kriterleri, Ekonomik ve Parasal Birlik süreci ve mali disiplin düzenlemeleri, kamu borçlarının ülkeler arasında yakınsamayı inceleyen çalışmalar dikkat çekmektedir (Kočenda vd. (2008), Bertarelli vd. (2014), Arčabić (2018), Apergis ve Cooray (2014), Rant vd. (2021)). Buna karşın incelenen literatür genel olarak değerlendirildiğinde, kamu borçlarının yakınsama dinamiklerini doğrudan OECD ülkeleri özelinde ele alan ampirik çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Bu çerçevede, 2007-2025 döneminde OECD ülkelerinde kamu borçlarının yakınsamasını β, σ ve Phillips-Sul yöntemleriyle inceleyen bir araştırmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

4. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, 2007–2025 döneminde OECD üyesi 39 ülkenin kamu borcu bakımından uzun dönemde ortak bir denge patikasına yakınsayıp yakınsamadığı incelenmiştir. Ayrıca ülkelerin söz konusu gösterge açısından tek bir yakınsama grubu mu yoksa farklı yakınsama kulüpleri mi oluşturduğu Phillips ve Sul (2007) tarafından geliştirilen log-t yakınsama testi ve kulüp yakınsaması yaklaşımıyla araştırılmıştır. Phillips ve Sul (2007) tarafından geliştirilen yarı parametrik yaklaşım, ülkeler arasındaki geçişsel heterojenliği dikkate alarak ortak yakınsama hipotezinin sınanmasına ve farklı yakınsama kulüplerinin belirlenmesine imkân tanımaktadır. Bu yaklaşımda, i ülkesinin t dönemindeki ilgili mali göstergesi aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Phillips ve Sul, 2009: 1166–1169):

$$y_{it} = \delta_{it}\mu_t$$

Burada y_{it}, $i$ülkesinin t dönemindeki ilgili mali göstergeyi; μ_t, tüm ülkeler için ortak zaman bileşenini; δ_{it}ise ülkeye ve zamana özgü geçiş katsayısını ifade etmektedir. Ülkelerin ortak bileşene göre konumunu belirleyen göreli geçiş katsayısı ve geçiş heterojenliği ölçütü sırasıyla aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

$$h_{it} = \frac{y_{it}}{\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} y_{jt}}$$

$$H_t = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(h_{it} - 1)^2$$

Buna göre h_{it}, belirli bir dönemde ülkenin ilgili mali göstergesinin OECD ülkelerinin ortalama değerine göreli konumunu göstermektedir. h_{it} değerinin 1'e yaklaşması, ülkenin ilgili göstergedeki konumunun örneklem ortalamasına yaklaştığını ifade etmektedir. Dolayısıyla ülkeler arasında yakınsama gerçekleşmesi halinde, zaman içerisinde göreli geçiş katsayılarının birbirine yaklaşması beklenmektedir. H_t ise t döneminde ülkelerin göreli geçiş katsayılarının ortak geçiş patikası etrafındaki ortalama karesel uzaklığını göstermektedir. H_t'nin zaman içerisinde azalması, ülkeler arasındaki geçiş heterojenliğinin azaldığına ve yakınsama sürecinin güçlendiğine işaret etmektedir. Başka bir ifadeyle, H_t'nin sıfıra yaklaşması ülkeler arasındaki heterojenliğin zamanla azalması ve yakınsama sürecinin güçlenmesi anlamına gelmektedir. Phillips ve Sul (2007) yaklaşımında geçiş katsayısı aşağıdaki yarı parametrik yapı ile modellenmektedir:

$$\delta_{it} = \delta_i + \sigma_i \xi_{it} L(t) t^{-\alpha}$$

Burada δ_{it}, i ülkesinin t dönemindeki geçiş katsayısını; δ_i, ülkeye özgü sabit geçiş bileşenini; σ_i, ülkeye özgü geçiş parametresini; ξ_{it}, ortalaması sıfır ve varyansı sonlu rassal bileşeni; $L(t)$,

yavaş değişen fonksiyonu; α ise yakınsama hızını belirleyen parametreyi ifade etmektedir. Yakınsama hipotezleri aşağıdaki şekilde oluşturulmaktadır:

$$H_0: \delta_i = \delta \text{ ve } \alpha \geq 0$$
$$H_1: \delta_i \neq \delta \text{ veya } \alpha < 0$$

Bu hipotezlerin sınanmasında kullanılan log-t regresyonu aşağıdaki gibidir:

$$\log\left(\frac{H_1}{H_t}\right) - 2\log(\log t) = a + \gamma \log t + u_t$$

Burada $(\gamma = 2\alpha)$ olup yakınsama katsayısını göstermektedir. Phillips ve Sul (2007) yaklaşımında yakınsama hipotezi, (γ) katsayısına ilişkin tek taraflı t-istatistiği kullanılarak sınanmaktadır. Test istatistiğinin $-1{,}65$ kritik değerinden küçük olması durumunda %5 anlamlılık düzeyinde ortak yakınsama hipotezi reddedilmektedir. Tam örneklemde yakınsamanın reddedilmesi hâlinde, kendi içlerinde ortak geçiş patikası izleyen ülke gruplarını belirlemek amacıyla yakınsama kulübü algoritması uygulanmaktadır. Log-t regresyonunun tahmininde başlangıç dönemlerindeki geçiş dinamiklerinin etkisini azaltmak amacıyla örneklemin ilk bölümü dışlanmaktadır. Phillips ve Sul (2007) çerçevesinde kırpma oranı (τ) kullanılarak başlangıç dönemi $(T_0 = [\tau T])$ biçiminde belirlenmektedir. Böylece analiz, ülkelerin uzun dönemli yakınsama davranışlarına odaklanmaktadır. Son olarak, (γ) katsayısının büyüklüğü yakınsama hızına ilişkin bilgi sunmaktadır. Pozitif katsayılar geçiş heterojenliğinin zaman içerisinde azalmasıyla uyumlu iken (γ) değerinin büyümesi yakınsama hızının arttığına işaret etmektedir. Bu çerçevede yöntem, OECD ülkelerinin kamu borcu bakımından ortak bir yakınsama patikasına sahip olup olmadığının ve olası yakınsama kulüplerinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır.

5. AMPİRİK BULGULAR

OECD ülkelerinde kamu borçlarının yakınsama eğilimini belirlemek amacıyla çalışmada birbirini tamamlayan β-yakınsaması, σ-yakınsaması ve Phillips–Sul yakınsama yaklaşımı kullanılmıştır. β-yakınsaması, başlangıç kamu borcu düzeyi ile sonraki dönemdeki borç artış hızı arasındaki ilişkiyi ortaya koyarken; σ-yakınsaması ülkeler arasındaki kamu borcu farklılıklarının zaman içerisinde daralıp daralmadığını incelemektedir. Phillips–Sul yaklaşımı ise ülkelerin tek bir ortak geçiş patikasında birleşip birleşmediğini ve ortak yakınsama gerçekleşmemesi durumunda farklı yakınsama kulüplerinin ortaya çıkıp çıkmadığını belirlemeye imkân vermektedir.

5.1. β-Yakınsaması Bulguları

Çalışmanın ilk aşamasında OECD ülkelerinde başlangıçtaki kamu borcu düzeyi ile dönem içerisindeki borç artış hızı arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu kapsamda, 2007 yılı kamu

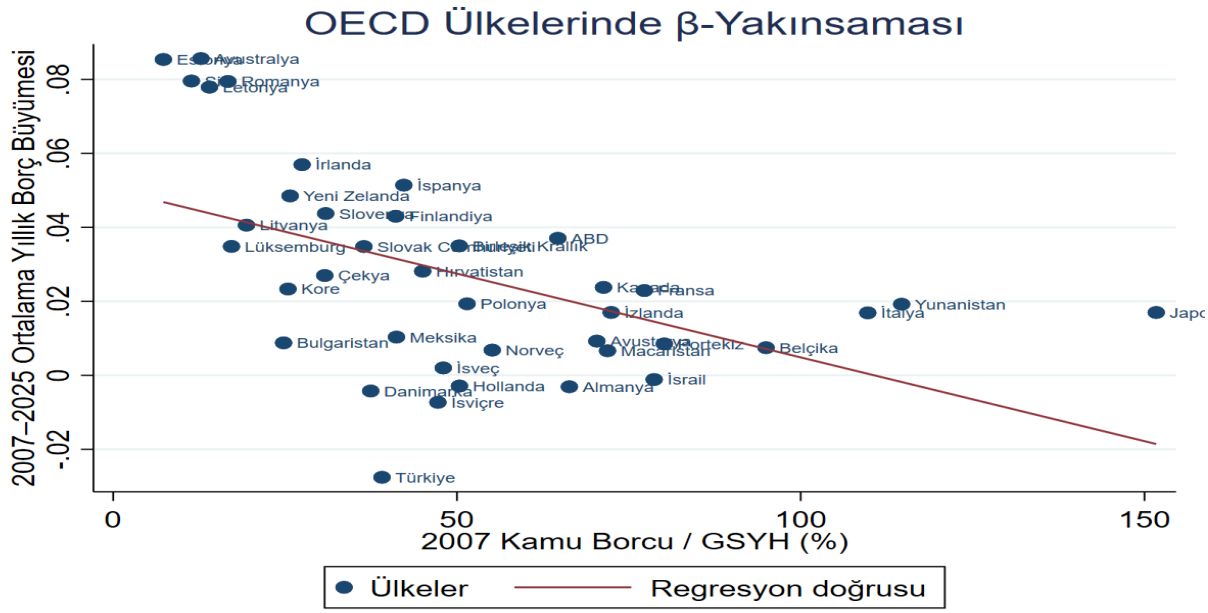
borcu/GSYH oranı başlangıç düzeyi olarak alınmış ve 2007–2025 dönemindeki ortalama yıllık kamu borcu büyümesi ile ilişkilendirilmiştir. Bu bölümde Phillips–Sul yakınsama analizini tamamlayıcı nitelikte, OECD ülkelerinde kamu borçları açısından koşulsuz β-yakınsamasının bulunup bulunmadığı da incelenmiştir. Bu kapsamda 2007–2025 döneminde 39 OECD ülkesinin başlangıç kamu borcu düzeyi ile dönem boyunca gerçekleşen kamu borcu büyümesi arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Tablo 1'de β-yakınsaması sonuçlarına yer verilmiştir.

Tablo 1: β-yakınsaması

Değişken	**Katsayı (β)**	**Std. Hata**	**t-ist.**	**p-değeri**	**R^2**
ln(Kamu Borcu$_{(2007)}$)	-0,02815	0,00474	-5,94	0,000	0,4881
Sabit	0,13190	0,01792	7,36	0,000	
Gözlem	39				

Elde edilen sonuçlara göre başlangıç kamu borcu ile kamu borcu büyümesi arasında negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. β katsayısı -0,02815 olarak hesaplanmış ve t-istatistiği -5,94 olarak gerçekleşmiştir. Katsayının %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olması, başlangıçta daha düşük kamu borcu oranına sahip ülkelerin 2007–2025 döneminde kamu borçlarını daha yüksek bir hızda artırdığını göstermektedir. Buna göre OECD ülkelerinde koşulsuz β-yakınsamasının bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Şekil 1. OECD Ülkelerinde Kamu Borçlarında β-Yakınsaması (2007–2025)



Şekil 1, OECD ülkelerinde başlangıçtaki kamu borcu düzeyi ile 2007–2025 dönemindeki ortalama yıllık kamu borcu artış hızı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Negatif eğimli regresyon doğrusu, başlangıçta daha düşük kamu borcu/GSYH oranına sahip ülkelerin dönem boyunca daha yüksek borç artış hızlarına sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu görsel bulgu, β-yakınsaması regresyonundan elde edilen negatif ve istatistiksel olarak anlamlı katsayıyı desteklemektedir.

5.2. σ-Yakınsaması Bulguları

β-yakınsaması analizini tamamlamak amacıyla OECD ülkelerinde kamu borcu/GSYH oranlarının ülkeler arasındaki dağılımının zaman içerisinde daralıp daralmadığı σ-yakınsaması yaklaşımıyla incelenmiştir. σ-yakınsaması, ülkeler arasındaki kamu borcu/GSYH oranlarının dağılımının zaman içerisinde azalmasını ifade etmektedir. Bu kapsamda her yıl için 39 OECD ülkesinin kamu borcu/GSYH oranlarının standart sapması hesaplanmış ve standart sapmanın zaman içerisindeki eğilimi test edilmiştir. Tablo 2'de σ-yakınsaması sonuçlarına yer verilmiştir.

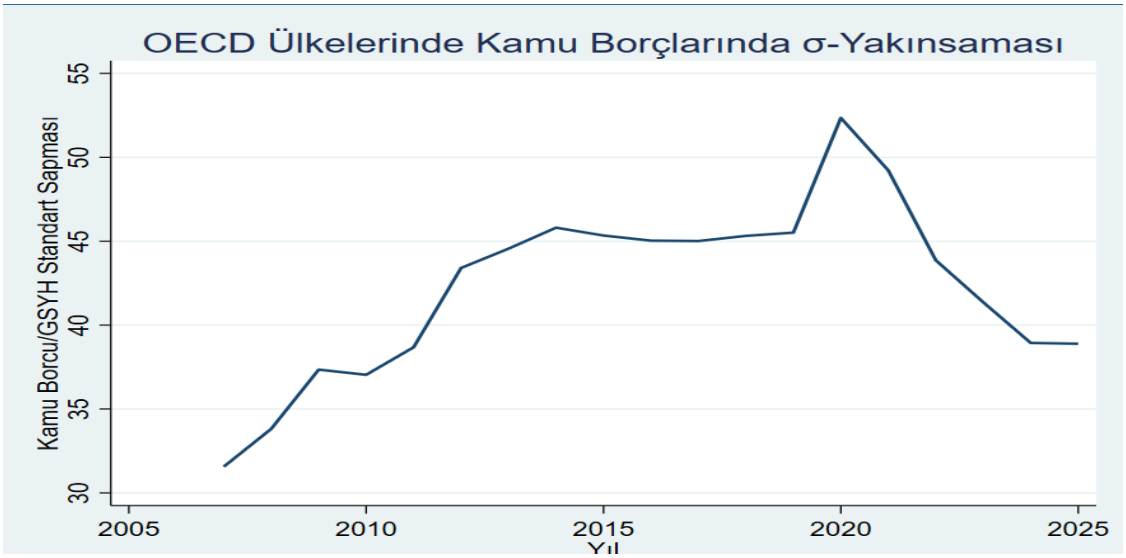
Tablo 2: Σ-Yakınsaması Testi

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-ist.	p-değeri	R^2
Yıl	0,4667	0,1943	2,40	0,028	0,2534
Sabit	-898,5427	391,6502	-2,29	0,035	
Gözlem	19				

Elde edilen sonuçlara göre kamu borcu/GSYH oranlarının standart sapması 2007 yılında 31,56 iken 2020 yılında 52,35'e yükselmiş, 2025 yılında ise 38,89 seviyesine gerilemiştir. Her ne kadar 2020 sonrasında ülkeler arasındaki borç dağılımında belirgin bir daralma gözlenmiş olsa da 2025 yılındaki standart sapma değeri 2007 yılındaki başlangıç değerinin üzerinde kalmıştır. Standart sapmanın zaman içerisindeki genel eğilimini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen regresyon analizinde yıl değişkeninin katsayısı 0,4667 olarak hesaplanmış ve bu katsayı %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (t=2,40; p=0,028). Pozitif ve anlamlı katsayı, dönem genelinde OECD ülkeleri arasındaki kamu borcu/GSYH dağılımının daralmak yerine genişleme eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Dolayısıyla 2007–2025 döneminde OECD ülkelerinde kamu borcu açısından σ-yakınsamasının bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgu, β-yakınsaması sonucuyla birlikte değerlendirildiğinde dikkat çekici bir tablo ortaya çıkarmaktadır. β katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması, başlangıçta daha düşük kamu borcu düzeyine sahip ülkelerin dönem içerisinde daha yüksek borç artış hızlarına sahip olduğunu göstermesine rağmen, bu hareket ülkeler arasındaki borç dağılımının genel olarak daralmasını sağlamamıştır. Başka bir ifadeyle, başlangıç düzeyleri ile sonraki borç artışları arasında bir yakınsama eğilimi bulunmasına karşın, ülkelerin kamu borcu/GSYH oranları arasındaki farklılıklar dönem genelinde ortadan kalkmamıştır.

Şekil 2. OECD Ülkelerinde Kamu Borçlarının σ-Yakınsaması



Şekil 2, 2007–2025 döneminde OECD ülkelerinin kamu borcu/GSYH oranlarının ülkeler arasındaki dağılımını standart sapma üzerinden göstermektedir. Standart sapmanın zaman içerisindeki seyri, kamu borcu oranları arasındaki farklılıkların dönem boyunca istikrarlı biçimde azalmadığını ortaya koymaktadır. Nitekim standart sapma 2007 yılında 31,56 iken özellikle 2020 yılında 52,35 seviyesine yükselmiş, izleyen yıllarda gerileyerek 2025 yılında 38,89 düzeyine ulaşmıştır. Bununla birlikte, 2025 yılındaki standart sapmanın hâlen 2007 yılındaki başlangıç seviyesinin üzerinde olması, dönem sonunda ülkeler arasındaki kamu borcu farklılıklarının başlangıç dönemine kıyasla ortadan kalkmadığını göstermektedir. Dolayısıyla OECD ülkeleri açısından 2007–2025 döneminde σ-yakınsaması gerçekleşmemiştir.

5.3. Phillips–Sul Yakınsama Bulguları

Çalışmanın bu bölümünde, OECD ülkelerinde kamu borçlarının yakınsama dinamikleri Phillips ve Sul (2007) yaklaşımı çerçevesinde incelenmektedir. Analiz kapsamında öncelikle OECD ülkelerinin tamamını içeren örneklem için ortak yakınsama hipotezi test edilmekte, ortak yakınsamanın reddedilmesi durumunda ise ülkelerin benzer geçiş dinamiklerine sahip yakınsama kulüpleri oluşturup oluşturmadıkları araştırılmaktadır. Bu doğrultuda, Phillips ve Sul'un log-t testi kullanılarak kamu borçlarının ortak bir yakınsama patikası izleyip izlemediği sınanmakta ve elde edilen β katsayısı ile log-t istatistiği değerlendirilmektedir. Ortak yakınsamanın bulunmadığı durumda Phillips–Sul yakınsama kulüpleri algoritması uygulanarak benzer borç dinamiklerine sahip ülke grupları belirlenmektedir. Böylece OECD ülkelerinde kamu borçlarının tek bir ortak denge patikasına yönelip yönelmediği veya farklı yakınsama kulüpleri içerisinde farklılaşan dinamikler sergileyip sergilemediği ortaya konulmaktadır.

Tablo 3'te OECD ülkelerinin tamamını kapsayan Phillips–Sul log-t testi sonuçları sunulmaktadır. Tam örneklem testinin yakınsama hipotezini desteklememesi, ülkelerin kendi içerisinde oluşturdukları yakınsama kulüplerinin ayrıca incelenmesini gerekli kılmıştır.

Tablo 3: Tam örneklem Phillips–Sul log-t testi

Değişken	**Katsayı**	**Std. Hata**	**t-istatistiği**	**Karar**
Kamu borcu (Government gross debt)	-1.7189	0.6036	-2.85	Yakınsama yok
Not: Phillips–Sul yaklaşımında t-istatistiğinin -1,65'ten büyük olması yakınsama hipotezinin reddedilememesi şeklinde değerlendirilmektedir.				

Tablo 3, OECD ülkelerinin tamamı dikkate alınarak gerçekleştirilen Phillips–Sul log-t testi sonuçlarını göstermektedir. Bulgular, kamu borcu değişkeni açısından tam örneklem düzeyinde ortak yakınsama hipotezinin desteklenmediğini ortaya koymaktadır. Kamu borcu için -2,85 olarak hesaplanan t-istatistiği, Phillips–Sul yaklaşımında kullanılan -1,65 kritik değerinin altında gerçekleşmiştir. Dolayısıyla OECD ülkelerinin kamu borçları bakımından tek bir ortak yakınsama patikası etrafında birleştiğine ilişkin kanıt bulunmamaktadır. Bu sonuç, OECD ülkelerinin kamu borcu dinamiklerinin birbirinden farklılaştığını ve ülkelerin zaman içerisinde farklı geçiş süreçleri izleyebildiğini göstermektedir.

Tam örneklem düzeyinde ortak yakınsama hipotezinin reddedilmesi, ülkelerin kendi içerisinde benzer kamu borcu dinamiklerine sahip alt gruplar oluşturup oluşturmadığının incelenmesini gerekli kılmaktadır. Bu doğrultuda Phillips–Sul yakınsama kulüpleri algoritması uygulanarak OECD ülkelerinin farklı yakınsama kulüplerine ayrılıp ayrılmadığı analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, tam örneklemde ortak yakınsama bulunmamasına rağmen OECD ülkeleri arasında üç farklı yakınsama kulübünün oluştuğunu göstermektedir. Böylece ülkelerin kamu borcu açısından tek bir ortak patika yerine, kendi içerisinde benzer geçiş dinamiklerine sahip farklı kulüpler oluşturduğu ortaya konulmaktadır.

Tablo 4. Phillips–Sul Tam Örneklem ve Kulüp Yakınsama Testleri

Değişken	**Tam örneklem t-ist.**	**Tam örneklem sonucu**	**Kulüp sayısı**	**Sınıflandırılamayan ülke**	**Türkiye**
Kamu borcu	-2,85	Ortak yakınsama yok	3	0	Kulüp 3
Not: Yakınsama kararı için Phillips–Sul yaklaşımında kullanılan -1,65 kritik değeri esas alınmıştır. t-istatistiğinin -1,65'ten büyük olması yakınsama hipotezinin reddedilememesi, -1,65'ten küçük olması ise yakınsama hipotezinin reddedilmesi anlamına gelmektedir.					

Tablo 5'te OECD ülkelerinin kamu borçlarına ilişkin Phillips ve Sul (2007) yakınsama testi sonuçları sunulmaktadır.

Tablo 5. OECD Ülkelerinde Kamu Borçlarının Phillips–Sul Yakınsama Kulüpleri

Yakınsama grubu	Ülkeler	Ülke sayısı	Log-t istatistiği	Log(t) katsayısı	Karar
Club 1	Japonya, Yunanistan	2	-0.9445	-1.1589	Yakınsama
Club 2	ABD, Fransa, Kanada, İtalya	4	0.0073	0.0011	Yakınsama
Club 3	Almanya, Avustralya, Avusturya, Belçika, Birleşik Krallık, Bulgaristan, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Hollanda, Hırvatistan, Kore, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Meksika, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovak Cumhuriyeti, Slovenya, Türkiye, Yeni Zelanda, Çekya, İrlanda, İspanya, İsrail, İsveç, İsviçre, İzlanda, Şili	33	-1.0937	-0.1177	Yakınsama

Tablo 5'te OECD ülkelerinin kamu borçlarına ilişkin Phillips–Sul yakınsama kulüpleri sonuçları sunulmaktadır. Bulgular, OECD ülkelerinin kamu borçları bakımından tek bir ortak yakınsama patikası etrafında toplanmadığını, bunun yerine farklı ülke gruplarının kendi içerisinde benzer dinamikler sergilediğini göstermektedir. Phillips–Sul yaklaşımında log-t istatistiğinin -1,65'ten büyük olması durumunda ilgili grup için yakınsama hipotezi reddedilememektedir.

Türkiye'nin üçüncü yakınsama kulübünde yer alması, Türkiye'nin kamu borcu dinamiklerinin tek başına farklılaşan bir yapı sergilemediğini, aksine söz konusu kulüpte yer alan ülkelerle birlikte benzer bir uzun dönemli geçiş dinamiği izlediğini göstermektedir. Bununla birlikte, Türkiye'nin ikinci veya birinci kulüpte yer alan yüksek borç düzeyindeki ülkelerle değil, üçüncü kulüpte yer alan daha geniş ülke grubuyla aynı yakınsama kulübünde bulunması, kamu borcu düzeylerinin yanı sıra zaman içerisindeki değişim ve geçiş dinamiklerinin de ülkelerin sınıflandırılmasında belirleyici olduğunu göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, bulgular OECD ülkelerinde kamu borçları açısından homojen bir yakınsama sürecinin bulunmadığına, ancak ülkelerin kendi içerisinde anlamlı yakınsama kulüpleri oluşturduğuna işaret etmektedir. Bu sonuç, OECD ülkelerinin kamu borçlarının belirlenmesinde ortak makroekonomik koşulların yanı sıra maliye politikası tercihleri, borçlanma yapısı, ekonomik büyüme performansı, faiz oranları ve kamu maliyesinin kurumsal özellikleri gibi ülkeye özgü faktörlerin de etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Tablo 6. Phillips–Sul Kulüp Yakınsama Sonuçlarının *kq* Değerlerine Göre Sağlamlık Analizi

Değişken	*kq*	Yakınsayan kulüp sayısı	Kulüp büyüklükleri	Yakınsamayan ülke/grup	Genel değerlendirme
Kamu borcu	0.20	4	2, 2, 5, 30	Yok	Daha parçalı kulüp yapısı
Kamu borcu	0.25	4	2, 2, 8, 27	Yok	*kq*=0.30 ile kulüp sayısı farklı, ancak temel yapı

					büyük ölçüde korunuyor
Kamu borcu	0.30	3	2, 4, 33	Yok	Temel sonuç
Not: Kulüp büyüklükleri ülke sayısını göstermektedir. Yakınsama değerlendirmesinde Phillips–Sul log-t testi için $t > -1.65$ kriteri esas alınmıştır. *kq*=0.30 temel spesifikasyon olarak kullanılmış, sonuçların duyarlılığı *kq*=0.20 ve *kq*=0.25 değerleriyle sınanmıştır.					

Phillips–Sul kulüp yakınsama sonuçlarının seçilen *kq* parametresine duyarlılığını değerlendirmek amacıyla *kq*=0.20, *kq*=0.25 ve *kq*=0.30 değerleri kullanılarak sağlamlık analizi gerçekleştirilmiştir. Bulgular, farklı *kq* değerlerinde OECD ülkelerinin tamamının yakınsama kulüpleri içerisinde sınıflandırıldığını ve hiçbir ülkenin kulüp dışında kalmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, *kq* değerinin düşürülmesiyle birlikte kulüp yapısının daha ayrıntılı ve parçalı hale geldiği görülmektedir.

kq=0.20 değerinde dört yakınsama kulübü oluşmuş ve kulüpler sırasıyla 2, 2, 5 ve 30 ülkeden meydana gelmiştir. *kq*=0.25 değerinde de dört kulüp belirlenmiş; kulüp büyüklükleri 2, 2, 8 ve 27 ülke olarak gerçekleşmiştir. Temel spesifikasyon olan *kq*=0.30'da ise üç yakınsama kulübü oluşmuş ve kulüpler sırasıyla 2, 4 ve 33 ülkeden meydana gelmiştir. Dolayısıyla *kq*=0.20 ve *kq*=0.25 değerlerinde daha parçalı bir kulüp yapısı ortaya çıkarken, *kq*=0.30'da ülkelerin daha büyük bir bölümünü kapsayan üçüncü kulübün oluştuğu görülmektedir.

Bununla birlikte, temel bulgu farklı *kq* değerlerinde önemli ölçüde korunmaktadır. Japonya ve Yunanistan'dan oluşan birinci kulüp, üç spesifikasyonda da değişmeden kalmıştır. Ayrıca ABD ve İtalya'nın ikinci kulübün çekirdeğini oluşturduğu görülmektedir. *kq*=0.20 ve *kq*=0.25 değerlerinde bu iki ülke birlikte ikinci kulüpte yer alırken, *kq*=0.30'da Kanada ve Fransa'nın da aynı kulübe dahil olmasıyla ikinci kulüp dört ülkeye genişlemektedir. Buna karşılık Türkiye, kullanılan üç *kq* değerinin tamamında en geniş kulüpte yer almaktadır. Türkiye'nin *kq*=0.20'de 30 ülkeden, *kq*=0.25'te 27 ülkeden ve *kq*=0.30'da 33 ülkeden oluşan kulüplerde sınıflandırılması, Türkiye'nin kulüp üyeliğinin parametre seçimine karşı oldukça istikrarlı olduğunu göstermektedir.

Ayrıca her üç spesifikasyonda da oluşturulan tüm kulüplerin kendi içerisinde yakınsama gösterdiği görülmektedir. En düşük log-t istatistiği *kq*=0.20 için -0,9387, *kq*=0.25 için -1,1035 ve *kq*=0.30 için -1,0937 olarak hesaplanmış ve bu değerlerin tamamı -1,65 kritik değerinin üzerinde kalmıştır. Dolayısıyla farklı *kq* değerleri kullanıldığında kulüp sayıları ve kulüp büyüklükleri belirli ölçüde değişmekle birlikte, ülkelerin kendi içerisinde yakınsama gösteren gruplar oluşturduğu yönündeki temel sonuç değişmemektedir.

Genel olarak sağlamlık analizi, OECD ülkelerinin kamu borçları açısından elde edilen kulüp yakınsama bulgularının *kq* parametresine tamamen duyarsız olmadığını, ancak temel ekonomik

sonucu değiştirmediğini ortaya koymaktadır. Daha düşük *kq* değerleri ülkeler arasındaki farklılıkları daha ayrıntılı biçimde ortaya çıkararak daha parçalı kulüp yapılarının oluşmasına neden olurken, temel spesifikasyon olan *kq*=0.30 daha az sayıda ve daha geniş kulüpler üretmektedir. Özellikle Türkiye'nin her üç spesifikasyonda da geniş kulüp içerisinde yer alması, Türkiye'nin kamu borcu dinamiklerinin örneklemdeki çok sayıda ülkeyle benzer bir geçiş süreci sergilediğine ilişkin bulgunun sağlam olduğunu göstermektedir.

SONUÇ VE POLİTİKA ÖNERİLERİ

Bu çalışmada, 2007–2025 döneminde 39 ülkenin kamu borcu/GSYH oranlarının yakınsama dinamikleri incelenmiştir. β-yakınsaması katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması, başlangıçta borç oranı daha düşük olan ülkelerde bu oranın ortalama olarak daha hızlı arttığını göstermektedir. Buna karşılık, ülkeler arası standart sapma 2007'de 31,56 iken 2025'te 38,89'a yükselmiştir. Dolayısıyla başlangıç borç oranıyla sonraki artış hızı arasındaki negatif ilişkiye rağmen, ülkeler arasındaki borç oranı farkları dönem genelinde daralmamış ve σ-yakınsaması gerçekleşmemiştir. Phillips–Sul log-t testi, tam örneklem için ortak yakınsama hipotezini reddetmiştir. Temel spesifikasyonda sırasıyla 2, 4 ve 33 ülkeden oluşan üç yakınsama kulübü belirlenmiştir. Japonya ve Yunanistan birinci kulüpte, ABD, Fransa, Kanada ve İtalya ikinci kulüpte, Türkiye ise üçüncü kulüpte yer almıştır. Farklı kırpma oranlarında kulüp sayısı ve bileşimi değişmekle birlikte Türkiye her uygulamada en geniş kulüpte yer almıştır. Bu sonuç, Türkiye'nin borç oranındaki değişimin örneklemdeki geniş bir ülke grubuyla benzer bir geçiş patikası izlediğine işaret etmektedir. Bulgular, orta vadeli borç hedeflerinin ülkelerin kendi büyüme beklentileri, faiz yükleri ve borç vade yapıları dikkate alınarak belirlenmesini desteklemektedir.

KAYNAKÇA

Akdemir, T., & İlgün, M. F. (2011). Kamu borçlanması sınırlamalarının kamu harcamalarının bileşimi üzerine etkileri: Avrupa Birliği ülkelerine yönelik ampirik bir değerlendirme. *Maliye Dergisi*, (160), 177–203.

Akram, V., & Rath, B. N. (2019). Does debt convergence hold in case of India? *Journal of Economic Studies, 46*(4), 858–871.

Andrés, A., & Ramírez Franco, L. D. (2025). Government effectiveness and economic policy in the OECD: Convergence and divergence (1996–2022). *Economy of Regions, 21*(4), 963–976.

Apergis, N., & Cooray, A. (2014). Convergence in sovereign debt ratios across heavily indebted EU countries: Evidence from club convergence. *Applied Economics Letters*, *21*(11), 786–788.

Arčabić, V. (2018). Fiscal convergence and sustainability in the European Union. *Public Sector Economics*, *42*(4), 353–380.

Bertarelli, S., Censolo, R., & Colombo, C. (2014). Fiscal convergence in the European Union before the crisis. *Contemporary Economic Policy*, *32*(4), 784–801.

Brou, J. C. K., Bouoiyour, J., & Hueber, O. (2025). Harmonizing public debt and creating convergence clubs in sub-Saharan Africa. *Economic Systems*, Article 101315.

OECD. (2026). *OECD Data Explorer* [Veri tabanı]. 15 Ekim 2026 tarihinde https://data-explorer.oecd.org/ adresinden erişildi.

Phillips, P. C. B., & Sul, D. (2007). Transition modeling and econometric convergence tests. *Econometrica, 75*, 1771–1855. https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2007.00811.x
Phillips, P. C. B., & Sul, D. (2009). Economic transition and growth. *Journal of Applied Econometrics, 24*, 1153–1185. https://doi.org/10.1002/jae.1080
Rant, V., Marinč, M., & Porenta, J. (2021). Debt and convergence: Evidence from the EU member states. *Finance Research Letters, 39*, Article 101617.
Ren, X., Lu, Q., & Luo, T. (2026). Sovereign debt club convergence and club-specific spatial dynamics: The role of energy vulnerability. *Empirical Economics, 71*(3), 40.
Yaşar, S. (2022). Gelir dağılımı ile kamu borçları arasındaki ilişki: OECD ülkeleri için panel ARDL analizi. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi, 11*(3), 1099–1110.

TÜRKİYE'DE VERGİ GELİRLERİNDEKİ OYNAKLIĞIN KAMU BORÇLANMA GEREĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: GARCH-ARDL YAKLAŞIMI

Doç. Dr. Ulvi SANDALCI[1]
Doç. Dr. İnci SANDALCI[2]
[2] Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Maliye Bölümü, inci.agacan@dpu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4995-8482
[1]Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Maliye Bölümü, ulvi.sandalci@dpu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1527-0815

Öz

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de vergi gelirlerindeki oynaklık ile kamu kesimi borçlanma gereği arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkileri incelemektir. Bu doğrultuda, 2007–2026 dönemine ait aylık veriler kullanılarak GARCH ve ARDL yöntemlerinin birlikte uygulandığı ekonometrik bir analiz gerçekleştirilmiştir. Vergi gelirlerindeki oynaklık, GARCH modelinden elde edilen koşullu varyans serisi aracılığıyla ölçülmüş; kamu kesimi borçlanma gereği üzerindeki etkisi sanayi üretim endeksi, politika faiz oranı ve enflasyon değişkenleri kontrol edilerek araştırılmıştır. Değişkenlerin durağanlık özellikleri ADF, PP ve KPSS testleriyle incelenmiş, uzun dönemli ilişkinin varlığı ARDL sınır testi yaklaşımıyla değerlendirilmiştir. Sınır testi sonuçları, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunduğunu göstermiştir. BIC kriterine göre belirlenen ARDL(5,0,0,0,2) modelinin uzun dönem tahminlerinde, vergi gelirlerindeki oynaklığın kamu kesimi borçlanma gereği ile negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Enflasyonun etkisi pozitif ve anlamlı bulunurken, sanayi üretim endeksi ve politika faiz oranının katsayıları istatistiksel olarak anlamlı değildir. Hata düzeltme katsayısının negatif ve anlamlı olması, kısa dönemli sapmaların yaklaşık %14,1'inin bir sonraki ayda giderildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, tanısal testlerde belirlenen bazı sorunlar, bulguların ihtiyatla değerlendirilmesini gerektirmektedir. Çalışma, kamu borçlanma gereğinin değerlendirilmesinde vergi gelirlerinin düzeyinin yanı sıra oynaklık özelliklerinin de dikkate alınmasının önemine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Vergi Gelirleri, Vergi Oynaklığı, Kamu Kesimi Borçlanma Gereği.

THE IMPACT OF TAX REVENUE VOLATİLİTY ON PUBLİC SECTOR BORROWİNG REQUİREMENTS İN TÜRKİYE: A GARCH–ARDL APPROACH

Abstract

This study examines the short-run and long-run relationships between tax revenue volatility and public sector borrowing requirements in Türkiye. To this end, an econometric analysis combining the Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH) model and the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) approach is conducted using monthly data covering the 2007–2026 period. Tax revenue volatility is measured using the conditional

variance series obtained from the GARCH model, while the industrial production index, policy interest rate, and inflation are included as control variables. The stationarity properties of the variables are examined using the ADF, PP, and KPSS tests, and the existence of a long-run relationship is investigated through the ARDL bounds testing approach. The bounds test results indicate the presence of a long-run relationship among the variables. Long-run estimates from the ARDL(5,0,0,0,2) model, selected according to the Bayesian Information Criterion (BIC), reveal a negative and statistically significant relationship between tax revenue volatility and public sector borrowing requirements. Inflation has a positive and statistically significant coefficient, whereas the coefficients of industrial production and the policy interest rate are statistically insignificant. The negative and significant error correction coefficient indicates that approximately 14.1% of short-run deviations from the long-run equilibrium are corrected in the following month. However, certain diagnostic issues suggest that the findings should be interpreted with caution. Overall, the study highlights the importance of considering not only the level of tax revenues but also their volatility when assessing public sector borrowing requirements.

Keywords: Tax Revenue, Tax Revenue Volatility, Public Sector Borrowing Requirement.

1. GİRİŞ

Vergi gelirleri, kamu harcamalarının finansmanında temel kaynaklardan biri olup kamu maliyesinin sürdürülebilirliği açısından önemli bir yere sahiptir. Bununla birlikte, ekonomik dalgalanmalar, enflasyon ve maliye politikalarındaki değişimler vergi gelirlerinde oynaklığa neden olabilmektedir. Vergi gelirlerinde meydana gelen bu dalgalanmalar, kamu gelirlerinin öngörülebilirliğini azaltarak bütçe dengesi ve kamu kesiminin borçlanma gereği üzerinde etkili olabilmektedir. Literatürde vergi gelirlerindeki oynaklığın kamu harcamaları ve bütçe dengesi üzerindeki etkilerini inceleyen çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte, kamu kesimi borçlanma gereği üzerindeki doğrudan etkisini ele alan araştırmalar görece sınırlıdır. Bu durum, vergi gelirlerindeki oynaklık ile kamu borçlanma gereği arasındaki ilişkinin ampirik olarak incelenmesini önemli hâle getirmektedir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de vergi gelirlerindeki oynaklığın kamu kesimi borçlanma gereği üzerindeki kısa ve uzun dönemli etkilerini incelemektir. Bu doğrultuda, 2007–2026 dönemine ait aylık veriler kullanılarak vergi gelirlerindeki oynaklık GARCH modeliyle ölçülmüş, değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkiler ise ARDL sınır testi yaklaşımıyla analiz edilmiştir. Çalışmada sanayi üretim endeksi, politika faiz oranı ve enflasyon kontrol değişkenleri olarak kullanılmıştır.

2. TEORİK KAPSAM

Vergiler, devletin veya kanunla yetkilendirilmiş kamu kurumlarının kamu harcamalarının finansmanını sağlamak amacıyla gerçek ve tüzel kişilerden zorunlu ve karşılıksız olarak tahsil ettiği parasal yükümlülüklerdir. Vergilendirmenin temel amacı, kamu hizmetlerinin finansmanı için gerekli kaynakları sağlamak olmakla birlikte, modern maliye anlayışının gelişmesiyle birlikte ekonomik ve sosyal amaçlar için de kullanılmaya başlanmıştır. Vergiler, kamu gelirlerini sağlamanın ötesinde, iktisadi kalkınmanın desteklenmesi, gelir dağılımında adaletin güçlendirilmesi, yatırımların teşvik edilmesi, ekonomik krizlerin etkilerinin azaltılması ve makroekonomik istikrar ile sürdürülebilir ekonomik büyümenin sağlanması açısından da önemli işlevler üstlenmiştir. Bu doğrultuda vergi politikaları, ülkelerin ekonomik konjonktürüne ve gelişmişlik düzeyine bağlı olarak farklı biçimlerde uygulanabilen önemli bir maliye politikası aracı hâline gelmiştir. Kamu hizmetlerinin sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi için yeterli ve düzenli kamu gelirlerine ihtiyaç vardır. Kamu gelirleri içerisinde ise vergi gelirleri, düzenli ve sürekli bir gelir kaynağı olması nedeniyle önemli bir role sahiptir. Vergi gelirlerinin istikrarı, kamu maliyesi yönetiminin sürdürülebilirliği ve mali dengelerin korunması açısından önem arz etmektedir. İstikrarlı vergi gelirleri, hükümetlerin bütçe planlamalarını daha etkin bir biçimde gerçekleştirmelerine, gelecekteki borçlanma ihtiyaçlarını daha öngörülebilir hâle getirmelerine ve ekonomik şoklara karşı daha dirençli olmalarını sağlamaktadır. Vergi tabanının yapısı ve çeşitliliği, vergi gelirlerinin ekonomik konjonktürdeki dalgalanmalara duyarlılığı, vergi idaresinin etkinliği ve ekonominin sektörel yapısı ile üretim kompozisyonu vergi gelirlerinin istikrarını etkileyen faktörler arasında sayılmaktadır (Ouedraogo vd., 2020). Bu faktörler, vergi gelirlerinin düzeyinin yanı sıra zaman içerisindeki öngörülebilirliğini de etkilemektedir.

Vergilemeden beklenen amaçların gerçekleştirilebilmesi için vergi gelirlerinin ekonomik konjonktür içerisinde mümkün olduğunca istikrarlı olması ve uzun dönemde ekonomik büyümeye paralel olarak artış göstermesi gerekmektedir. Bu kapsamda vergi oranları ve tarife yapısı, vergi gelirlerini doğrudan etkileyen temel unsurlar arasında yer almaktadır. Vergi gelirlerini etkileyen bir diğer unsur ekonomik büyümedir. Yatırımların, istihdamın, üretimin ve tüketimin artması vergi matrahlarını genişleterek vergi gelirlerinin yükselmesine katkıda bulunabilir. Bununla birlikte, enflasyonun vergi gelirleri üzerindeki etkisi değişkenlik gösterir. Fiyatlar genel düzeyindeki artış nominal vergi gelirlerini yükseltebilse de vergi tahsilatındaki gecikmeler, enflasyonun etkisiyle tahsil edilen vergilerin reel değerinin azalmasına neden olabilmektedir. Ayrıca kayıt dışı ekonominin genişliği, vergi matrahının daralmasına ve mevcut

vergi potansiyelinden yeterince yararlanılamamasına yol açmaktadır. Benzer şekilde, muafiyet, istisna ve indirimlerin kapsamı ile sık başvurulan vergi afları da kamu gelirlerini etkileyebilmektedir. Bu uygulamalar kısa vadede belirli ekonomik veya sosyal amaçlara hizmet etse de vergi tabanını daraltmaları ve mükelleflerin vergi sistemine duyduğu güveni zayıflatmaları hâlinde uzun vadede gelir performansını olumsuz etkileyebilmektedir (Arslan vd., 2020: 334-337).

Vergi gelirlerinin sürdürülebilirliği açısından vergi idaresinin etkinliği, vergi bilinci, vergi ahlakı ve vergiye gönüllü uyum da önemli belirleyiciler arasında yer almaktadır. Vergi idaresinin etkin çalışması, tahsilat süreçlerinin iyileştirilmesi ve vergi kayıp ve kaçaklarının azaltılması gelirlerin artırılmasına katkı sağlarken, mükelleflerin vergilendirmeyi kamu hizmetlerinin finansmanına yönelik bir sorumluluk olarak benimsemeleri ve vergi sistemini adil bulmaları da gönüllü uyumu güçlendirebilmektedir. Buna karşılık, vergi adaletine ilişkin algının zayıflaması ve kayıt dışılığın yaygınlaşması vergi tahsilatını olumsuz etkileyebilmektedir (Arslan vd., 2020: 334-337). Bununla birlikte ekonomik konjonktür, enflasyon, dış ticaret gelişmeleri, vergi matrahındaki değişimler ve uygulanan maliye politikaları gibi çeşitli faktörlerin etkisiyle vergi gelirlerinde oynaklık meydana gelebilmektedir. Özellikle ekonomik ve mali şokların yoğun olduğu dönemlerde vergi gelirlerindeki oynaklık artabilmekte ve bu durum kamu maliyesinin gelir, harcama ve borçlanama kalemlerinde belirsizlik yaratabilmektedir. Bleaney vd. (1995), vergi gelirlerindeki oynaklığı ülkelerin zaman içerisindeki vergi gelirlerinde meydana gelen dalgalanmalar bağlamında ele almakta ve oynaklığın kamu harcamaları ve bütçe finansmanı üzerinde belirsizlik yaratabileceğini belirtmektedir. Vergi oynaklığı sonucunda gelirlerde meydana gelen beklenmedik azalışlar, bütçede öngörülen gelir-gider dengesinin bozulmasına neden olmakta ve kamu harcamalarında finansman sorununa yol açmaktadır. Vergi gelirlerinin oynaklığı bütçe tahminlerinin güvenilirliğini olumsuz etkileyerek kamu harcamalarının planlanmasını ve finansmanını güçleştirebilmektedir. Nitekim Gwaindepi (2021), kamu gelirlerinde istikrarın kamu mal ve hizmetlerinin sürekli ve öngörülebilir biçimde sunulabilmesi ve etkin bütçe oluşturma açısından gerekli olduğunu belirtmektedir. Diğer bir ifadeyle, kamu gelirlerindeki oynaklık kamu harcamalarının istikrarını olumsuz etkileyerek mali risklere ve kamu hizmetlerinin sürdürülebilirliğine ilişkin sorunlara yol açabilmektedir (IMF, 2020). Ebeke ve Ehrhart (2012) tarafından Sahra Altı Afrika ülkelerinin ele alındığı çalışma, vergi gelirlerindeki oynaklığın kamu harcamalarındaki istikrarsızlığı artırdığını ve kamu yatırımlarının düzeyini azalttığını göstermektedir. Muhammad vd. (2023), kamu gelirleri ve kamu harcamalarındaki

istikrarsızlığın bütçe açığı üzerindeki etkisini Pakistan ekonomisi açısından 1972-2018 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak inceledikleri çalışmada, hem kamu gelirlerindeki hem de kamu harcamalarındaki istikrarsızlığın bütçe açığını artırdığı, kamu gelirlerinin büyüme hızındaki artışın ise bütçe açığını azaltıcı yönde etkisi olduğu sonucuna varmışlardır. Bu çerçevede, kamu gelirleri ve harcamalarında meydana gelen oynaklığın, kamu maliyesi dengelerini ve özellikle bütçe dengesini önemli ölçüde etkileyebildiği söylenebilir.

Gelir oynaklığının yüksek olduğu mali yapılarda, bütçe uygulamalarında belirsizlik artmakta, özellikle gelir kayıplarının yaşandığı dönemlerde harcama kesintileri, mali rezervlerin kullanılması veya borçlanma gibi araçlara duyulan ihtiyaç artabilmektedir. Nitekim Yan (2013), vergi gelirlerindeki oynaklığın borçlanma kararları üzerindeki etkisini ABD eyaletleri için 1987-2004 dönemini kapsayan verilerle incelediği çalışmasında gelir oynaklığını, gerçekleşen gelirlerin uzun dönemli eğiliminden pozitif ve negatif yöndeki sapmalar üzerinden değerlendirilmiştir. Buna göre, gelirlerdeki negatif sapmaların büyüklüğüne bağlı olarak borçlanma türlerinin farklılaştığını; özellikle yüksek düzeyli negatif sapmaların gelir borçları ve uzun vadeli borç ihracıyla pozitif ilişki gösterdiğini ortaya koymuştur. Gelir oynaklığına ilişkin çalışmaların önemli bir bölümü oynaklığın kamu harcamaları, ekonomik büyüme veya vergi geliri performansı gibi konuların üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır. Buna karşılık, vergi gelirlerindeki oynaklığın kamu borçlanma ihtiyacı üzerindeki doğrudan etkisini ele alan ampirik çalışmaların sayısı görece sınırlıdır. Bu nedenle mevcut çalışma, literatürdeki söz konusu boşluktan hareketle vergi gelirlerindeki oynaklığın kamu borçlanması üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamaktadır.

3. MODEL VE VERİ SETİ

Türkiye'de vergi gelirlerindeki oynaklığın kamu kesiminin net borçlanma gereği üzerindeki kısa ve uzun dönemli etkilerini incelemek amacıyla çalışmada aylık zaman serisi verilerinden yararlanılmıştır. Analiz kapsamında bağımlı değişken olarak kamu kesiminin net borçlanma gereği (KBG), temel açıklayıcı değişken olarak vergi gelirlerindeki oynaklığı temsil eden değişken (TAXVOL), kontrol değişkenleri olarak ise sanayi üretim endeksi (SUE), faiz oranı (INT) ve enflasyon (ENF) kullanılmıştır. Vergi gelirlerindeki oynaklığın ölçülmesi amacıyla öncelikle vergi gelirleri serisine GARCH modeli uygulanmış ve modelden elde edilen koşullu varyans değerleri TAXVOL değişkeni olarak kullanılmıştır. Böylece vergi gelirlerinin yalnızca düzeyindeki değişimler değil, zaman içerisinde değişen oynaklık yapısı da analiz kapsamına alınmıştır.

Kamu kesiminin net borçlanma gereği, kamu kesiminin belirli bir dönemde ihtiyaç duyduğu net finansman miktarını gösteren önemli bir mali göstergedir. Vergi gelirleri kamu kesiminin temel gelir kaynaklarından biri olduğundan, vergi gelirlerindeki belirsizlik ve oynaklığın kamu maliyesinin finansman yapısı üzerinde etkili olması beklenmektedir. Vergi gelirlerindeki yüksek oynaklık, kamu gelirlerinin öngörülebilirliğini azaltarak kamu kesiminin finansman ihtiyacını ve dolayısıyla borçlanma gereğini artırabilir. Bu nedenle çalışmada vergi gelirlerindeki oynaklığın kamu kesiminin borçlanma gereği üzerindeki etkisinin hem kısa hem de uzun dönem açısından incelenmesi amaçlanmaktadır.

Kontrol değişkeni olarak modele dâhil edilen sanayi üretim endeksi, ekonomik faaliyet düzeyini ve dolayısıyla kamu gelirleri ile finansman koşullarını temsil etmektedir. Faiz oranı, kamu borçlanmasının maliyeti ve finansman koşulları üzerindeki etkisi nedeniyle; enflasyon ise nominal kamu gelirleri, harcamalar ve borç dinamikleri üzerindeki etkileri nedeniyle modele dâhil edilmiştir. Bu değişkenlerin kontrol edilmesiyle, vergi gelirlerindeki oynaklığın kamu kesiminin borçlanma gereği üzerindeki etkisinin diğer önemli makroekonomik faktörlerden ayrıştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmada vergi gelirlerindeki oynaklığı ölçmek amacıyla GARCH modeli kullanılmış ve modelden elde edilen koşullu varyans serisi (TAXVOL), vergi geliri oynaklığının göstergesi olarak ARDL modeline dâhil edilmiştir. GARCH modeli, vergi gelirlerindeki oynaklığın zaman içerisinde değişebilen koşullu varyans yapısını dikkate almakta ve yüksek ve düşük oynaklık dönemlerinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Böylece vergi gelirlerinin yalnızca düzeyindeki değişimler değil, aynı zamanda söz konusu gelirlerin belirsizlik ve dalgalanma derecesi de analiz edilmektedir.

Değişkenler arasındaki ilişkinin kısa ve uzun dönem boyutlarının birlikte incelenebilmesi amacıyla Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen ARDL Sınır Testi yaklaşımı kullanılmıştır. ARDL yaklaşımının tercih edilmesinin temel nedeni, modelde yer alan değişkenlerin düzeyde durağan [I(0)] veya birinci farkında durağan [I(1)] olmaları durumunda, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin aynı model çerçevesinde araştırılmasına olanak sağlamasıdır. Bununla birlikte, değişkenlerin ikinci farkında durağan [I(2)] olmaması gerekmektedir. ARDL yaklaşımında öncelikle değişkenlerin durağanlık özellikleri incelenmiş, ardından uygun gecikme uzunluğu belirlenerek model tahmin edilmiştir. Değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin bulunup bulunmadığı Pesaran vd. (2001) sınır testi ile araştırılmıştır. Sınır testinde hesaplanan F-istatistiğinin üst sınır kritik değerini aşması durumunda değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğu kabul edilmektedir. Uzun dönem

ilişkisinin tespit edilmesi halinde ARDL hata düzeltme modeli aracılığıyla hem kısa dönem katsayıları hem de uzun dönem katsayıları tahmin edilmektedir. Çalışmada kullanılan veriler aylık frekanstadır ve veri seti 2007 Ocak–2026 Haziran dönemini kapsamakta, modelde kullanılan gecikmeler nedeniyle ARDL tahmininde efektif örneklem 2007 Şubat–2026 Haziran dönemine düşmektedir. Değişkenlere ilişkin veriler Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS) elde edilmiştir. Analizde kullanılan değişkenlerin tanımları, ölçüm biçimleri ve veri kaynakları Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Değişkenlerin Tanımı

Değişken Adı	**Çalışmadaki Kısaltılmış Adı**	**Dönemi**	**Kaynağı**
Vergi Gelirleri	vrg	01.2007-06.2026	TCMB
Politika faiz oranı	innt	01.2007-06.2026	TCMB
Enflasyon (TÜFE)	enf	01.2007-06.2026	TCMB
Kamu Kesimi Borçlanma Gereği	kbb	01.2007-06.2026	TCMB
Vergi oynaklığı	taxvol	01.2006-05.2026	GARCH modeli ile türetilmiştir
Sanayi üretim endeksi	sue	01.2007-06.2026	TCMB

Türkiye'de vergi gelirlerindeki oynaklığın kamu kesiminin net borçlanma gereği üzerindeki etkisini analiz etmek amacıyla, aylık zaman serisi verilerinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda, bağımlı değişken olarak kamu kesiminin net borçlanma gereği (KBG), temel açıklayıcı değişken olarak vergi gelirlerindeki oynaklığı temsil eden değişken (TAXVOL) ve kontrol değişkenleri olarak sanayi üretim endeksi (SUE), faiz oranı (INNT) ve enflasyon (ENF) modele dâhil edilmiştir. Aylık zaman serisi verilerine dayalı aşağıdaki ekonometrik model oluşturulmuştur:

$$KBG_t = \beta_0 + \beta_1 TAXVOL_t + \beta_2 SUE_t + \beta_3 INT_t + \beta_4 ENF_t + \varepsilon_t$$

Burada KBG_t kamu kesiminin net borçlanma gereğini, $TAXVOL_t$vergi gelirlerindeki oynaklığı, SUE_t sanayi üretim endeksini, INT_t faiz oranını ve ENF_t enflasyonu ifade etmektedir.

Model, vergi gelirlerindeki oynaklığın kamu kesiminin net borçlanma gereği üzerindeki kısa ve uzun dönemli etkilerini birlikte incelemeye olanak sağlayan ARDL yaklaşımı çerçevesinde oluşturulmuştur. Bu yaklaşımın tercih edilmesinin temel nedeni, modelde yer alan değişkenlerin düzeyde veya birinci farkta durağan olmaları durumunda, değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin araştırılmasına imkân sağlamasıdır. Modelde vergi gelirlerindeki oynaklığın gecikmeli değerleriyle birlikte ele alınması, vergi gelirlerinde meydana gelen oynaklıkların kamu kesiminin borçlanma gereği üzerindeki dinamik etkilerinin incelenmesine olanak sağlamaktadır. Sanayi üretim endeksi, faiz oranı ve enflasyon değişkenleri ise kamu kesiminin borçlanma gereğini etkileyebilecek makroekonomik koşulları kontrol etmek amacıyla modele dâhil edilmiştir.

Uzun dönemli ilişkinin varlığı ARDL sınır testi yaklaşımı ile değerlendirilmiş ve anlamlı bir eşbütünleşme ilişkisinin bulunması durumunda hata düzeltme modeli (ECM) aracılığıyla kısa dönemli dinamikler ve kısa dönemde ortaya çıkan sapmaların uzun dönem dengeye dönüş hızı analiz edilmiştir. Tablo 2'de serilere ilişkin tanımlayıcı istatistikler sunulmuştur.

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

variable	N	mean	sd	min	max
kbg	239	3.45e+08	6.85e+08	1498351	2.96e+09
TAXVOL	239	.0261269	.0203412	.0116968	.1657144
sue	239	77.3577	21.52349	41.91	114.01
innt	239	15.6705	12.48701	4.5	50
enf	239	22.37728	29.97686	4.06	129.99

Tablo 2'de değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler sunulmaktadır. Tüm değişkenler için 239 gözlem bulunmaktadır. KBG değişkeninin ortalaması 345 milyon iken, yüksek standart sapması kamu kesiminin net borçlanma gereğinde önemli dönemsel dalgalanmalar olduğunu göstermektedir. TAXVOL'un ortalaması 0,026 olup, maksimum değerinin ortalamanın oldukça üzerinde olması vergi gelirlerindeki oynaklığın bazı dönemlerde belirgin biçimde arttığını göstermektedir. SUE değişkeni ortalama 77,36 değerine sahipken, INNT ve ENF değişkenlerinin ortalamaları sırasıyla %15,67 ve %22,38'dir. Özellikle enflasyon ve faiz oranlarındaki yüksek standart sapma değerleri, incelenen dönemde makroekonomik koşulların önemli ölçüde değişkenlik gösterdiğine işaret etmektedir.

4. YÖNTEM VE BULGULAR

Türkiye'de vergi gelirlerindeki oynaklık ile kamu kesiminin net borçlanma gereği arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkiler, Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilen Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) sınır testi yaklaşımı çerçevesinde incelenmiştir. Literatürde değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin belirlenmesinde Engle ve Granger (1987) ile Johansen (1988) tarafından geliştirilen eşbütünleşme yöntemleri yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, söz konusu geleneksel yöntemler, değişkenlerin aynı bütünleşme derecesine sahip olmasını gerektirmekte ve özellikle birinci farkında durağan hâle gelen I(1) seriler için uygun bir analiz çerçevesi sunmaktadır. Bu durum, farklı bütünleşme derecelerine sahip değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin araştırılmasında önemli bir sınırlılık oluşturmaktadır. Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilen ARDL sınır testi yaklaşımı ise değişkenlerin I(0) veya I(1) düzeyinde bütünleşik olmasına imkân tanıyarak söz konusu sınırlılığı aşmaktadır. Böylece farklı durağanlık özellikleri gösteren değişkenler arasındaki uzun

dönemli ilişkilerin aynı model çerçevesinde incelenmesi mümkün hâle gelmektedir. Ayrıca ARDL yaklaşımı, kısıtsız hata düzeltme modeline dayanması bakımından geleneksel eşbütünleşme yöntemlerine alternatif oluşturmakta ve özellikle küçük örneklemlerde güvenilir sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayabilmektedir (Polat ve Gemici, 2017: 396-397).

ARDL sınır testi yaklaşımının önemli üstünlüklerinden biri, değişkenlerin bütünleşme derecelerinin önceden kesin olarak belirlenmesini zorunlu kılmamasıdır. Bunun yanı sıra, hata düzeltme modelinin (ECM) basit bir doğrusal dönüşüm aracılığıyla elde edilebilmesi ve kısa ve uzun dönem ilişkilerinin aynı model çerçevesinde incelenebilmesi, yöntemin sağladığı diğer avantajlar arasında yer almaktadır. Johansen eşbütünleşme yönteminin uygulanmasında genellikle daha geniş örneklem büyüklüklerine ihtiyaç duyulurken, ARDL sınır testi yaklaşımı nispeten sınırlı sayıda gözlem içeren zaman serilerinde daha güvenilir tahminler elde edilmesine imkân sağlayabilmektedir (Dişbudak ve Süslü, 2009: 155-156). Hata düzeltme modelinin temel özelliği, değişkenler arasındaki kısa dönemli dinamiklerin yanı sıra uzun dönem denge ilişkisine yönelik bilgileri de içermesidir. ARDL sınır testi kapsamında değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunup bulunmadığı, hesaplanan F-istatistiğinin ilgili kritik sınır değerleriyle karşılaştırılması yoluyla belirlenmektedir. F-istatistiğinin üst kritik sınır değerini aşması durumunda eşbütünleşme ilişkisinin varlığı yönünde karar verilmekte ve bu aşamadan sonra uzun dönem katsayıları ile hata düzeltme modeli tahmin edilebilmektedir (Akel ve Gazel, 2014: 30-31). Söz konusu eşbütünleşme ilişkisinin sınanabilmesi için öncelikle değişkenlerin gecikmeli düzey değerleri ile birinci farklarını içeren kısıtsız hata düzeltme modeli oluşturulmaktadır (Cömertler Şimşir vd., 2015: 48). Bu doğrultuda, ARDL sınır testi yaklaşımında kullanılan kısıtsız hata düzeltme modelinin (UECM) genel gösterimi aşağıdaki eşitlikte sunulmaktadır.

$$\Delta KBG_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p} \beta_{1i}\, \Delta KBG_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_1} \beta_{2i}\, \Delta TAXVOL_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_2} \beta_{3i}\, \Delta SUE_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_3} \beta_{4i}\, \Delta INNT_{t-i} + \sum_{i=0}^{q_4} \beta_{5i}\, \Delta ENF_{t-i} + \lambda_1 KBG_{t-1} + \lambda_2 TAXVOL_{t-1} + \lambda_3 SUE_{t-1} + \lambda_4 INNT_{t-1} + \lambda_5 ENF_{t-1} + \varepsilon_t$$

Burada; KBG: Kamu kesimi borçlanma gereği, TAXVOL: Vergi gelirlerinin oynaklığı (varyansı), SUE: sanayi üretim endeksi, INNT: Faiz oranı, ENF: Enflasyon oranı, Δ: Birinci fark operatörü, ε: Hata terimini göstermektedir. ARDL sınır testinde uzun dönemli ilişkinin

bulunmadığını ifade eden temel hipotez ile uzun dönemli ilişkinin varlığını ifade eden alternatif hipotez aşağıdaki şekilde kurulmaktadır:

$$H_0: \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5 = 0$$
$$H_1: \text{En az bir } \lambda_i \neq 0$$

ARDL sınır testi yaklaşımında, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunmadığını ifade eden sıfır hipotezinin reddedilememesi, eşbütünleşmenin varlığına ilişkin yeterli istatistiksel kanıt elde edilemediğini göstermektedir. Buna karşılık sıfır hipotezinin reddedilmesi, değişkenlerin gecikmeli düzey değerlerine ait katsayıların ortaklaşa sıfıra eşit olmadığına ve dolayısıyla kamu kesimi borçlanma gereği, vergi gelirlerindeki değişim, bütçe dengesi, faiz oranı ve enflasyon arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunduğuna işaret etmektedir. ARDL modelinde bağımlı ve bağımsız değişkenlerin birinci farkları (Δ) ile bir dönem gecikmeli düzey değerleri birlikte ele alınmaktadır. Bu kapsamda, farkı alınmış değişkenlerin katsayıları kısa dönemli dinamiklerin açıklanmasında kullanılırken, gecikmeli düzey değişkenlerine ilişkin katsayılar uzun dönem denge ilişkisinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Uzun dönem katsayıları ise bağımsız değişkenlerin gecikmeli düzey katsayılarının, bağımlı değişkenin gecikmeli düzey katsayısına negatif işaretle oranlanması yoluyla hesaplanmaktadır. ARDL yaklaşımının uygulanmasında öncelikle model için uygun gecikme uzunluklarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve Schwarz Bilgi Kriteri (SIC/BIC) gibi bilgi kriterlerinden yararlanılarak en düşük kriter değerini sağlayan gecikme yapısı tercih edilmektedir (Kaya vd., 2017: 375). Bu çalışmada aylık verilerin kullanılması nedeniyle gecikme uzunluğu en fazla 6 gecikme olacak şekilde belirlenmiş ve uygun modelin seçiminde Schwarz Bayesyen Bilgi Kriteri (BIC) esas alınmıştır. BIC kriterine göre en uygun model ARDL(5,0,0,0,2) olarak belirlenmiştir. Modelde kamu kesimi borçlanma gereğinin beş dönem gecikmeli değeri yer alırken, vergi gelirlerinin yıllık değişim oranı, sanayi üretim endeksi ve politika faiz oranı değişkenlerinin cari dönem değerleri; enflasyon değişkeninin ise iki gecikmeli değeri modele dâhil edilmiştir. Buna göre tahmin edilen ARDL modeli genel olarak şu şekilde ifade edilebilir:

$$KBG_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{5} \alpha_i KBG_{t-i} + \beta_0 TAXVOL_t + \gamma_0 SUE_t + \delta_0 INNT_t + \theta_0 ENF_t + \theta_1 ENF_{t-1} + \varepsilon_t$$

Burada; kbg kamu kesimi borçlanma gereğini, TAXVOL vergi gelirlerinin yıllık değişim oranını, sue sanayi üretim endeksini, innt politika faiz oranını ve enf enflasyon oranını göstermektedir. ARDL(5,0,0,0,2) modelinin tahmin sonuçlarına göre modelin R^2 değeri 0,3316, düzeltilmiş R^2 değeri ise 0,2984 olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte, ARDL sınır testi

yaklaşımında modelin değerlendirilmesi yalnızca açıklama gücüne ilişkin R^2 değerine dayandırılmamakta; esas olarak değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunup bulunmadığı, uzun dönem katsayılarının istatistiksel anlamlılığı ve kısa dönem hata düzeltme mekanizmasının çalışıp çalışmadığı dikkate alınmaktadır. Dolayısıyla R^2 değerinin görece düşük olması, tek başına modelin geçersiz olduğu şeklinde yorumlanmamalıdır. Özellikle zaman serisi modellerinde temel amaç, değişkenler arasındaki dinamik ilişkilerin ve uzun dönemli denge ilişkisinin ortaya konulmasıdır. ARDL sınır testi yaklaşımında uygun gecikme uzunluğu belirlendikten sonra, modelde yer alan değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunup bulunmadığı sınır testi aracılığıyla araştırılmaktadır. Bu kapsamda, uzun dönemli ilişkinin bulunmadığını ifade eden boş hipotez ile uzun dönemli ilişkinin bulunduğunu ifade eden alternatif hipotez aşağıdaki şekilde kurulmaktadır:

$$H_0: \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = \lambda_5 = 0$$
$$H_1: \text{En az bir } \lambda_i \neq 0$$

Burada $\lambda_i$katsayıları, modelin düzey değerlerine ilişkin uzun dönem katsayılarını ifade etmektedir. Hipotezler şu şekilde yorumlanmaktadır:

H_0: Kamu kesimi borçlanma gereği (KBG), vergi gelirlerindeki oynaklık (TAXVOL), sanayi üretim endeksi (SUE), politika faiz oranı (INNT) ve enflasyon (ENF) arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisi bulunmamaktadır.

H_1: Kamu kesimi borçlanma gereği (KBG), vergi gelirlerindeki oynaklık (TAXVOL), sanayi üretim endeksi (SUE), politika faiz oranı (INNT) ve enflasyon (ENF) arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır.

ARDL sınır testi yaklaşımında değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin varlığı, hesaplanan F-istatistiğinin alt ve üst kritik sınır değerleriyle karşılaştırılması yoluyla değerlendirilmektedir. Bu kapsamda F-istatistiğinin üst kritik sınır değerini aşması durumunda, eşbütünleşme ilişkisinin bulunmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilmekte ve değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı yönünde karar verilmektedir. Buna karşılık F-istatistiğinin alt kritik sınır değerinin altında kalması, sıfır hipotezinin reddedilememesine ve eşbütünleşmenin varlığına ilişkin yeterli istatistiksel kanıt elde edilememesine işaret etmektedir. Hesaplanan F-istatistiğinin alt ve üst kritik sınır değerleri arasında yer alması durumunda ise test sonucu belirsiz kabul edilmekte ve uzun dönemli ilişkinin varlığı hakkında kesin bir değerlendirme yapılamamaktadır. Dolayısıyla F-istatistiğinin üst kritik sınır değerinden büyük olması ve eşbütünleşme ilişkisinin desteklenmesi hâlinde, değişkenler arasındaki uzun dönem katsayıları ile kısa dönem dinamiklerinin belirlenmesi amacıyla ARDL modeli ve buna dayalı hata düzeltme modeli tahmin edilmektedir. Bu doğrultuda, araştırmada

değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen ARDL sınır testi sonuçları Tablo 3'te sunulmaktadır.

Tablo 3: ARDL Sınır (Bounds) Testi Sonuçları

Anlamlılık düzeyi	I(0) Alt Sınır	I(1) Üst Sınır	F-istatistiği	Karar
%10	2,458	3,546	7,599	H_0 reddedilir
%5	2,888	4,058	7,599	H_0 reddedilir
%1	3,819	5,142	7,599	H_0 reddedilir
Not: Sınır testi için Kripfganz ve Schneider (2020) tarafından hesaplanan sonlu örneklem kritik değerleri kullanılmıştır. Hesaplamalar 4 değişken ve 233 gözlem üzerinden gerçekleştirilmiştir.				

Pesaran, Shin ve Smith (2001) ARDL sınır testi sonuçlarına göre hesaplanan F-istatistiği 7,599 olarak elde edilmiştir. Bu değer, %10 anlamlılık düzeyinde 3,546, %5 anlamlılık düzeyinde 4,058 ve %1 anlamlılık düzeyinde 5,142 olan I(1) üst sınır kritik değerlerinin tamamından daha yüksektir. Dolayısıyla H_0: "Değişkenler arasında düzey ilişkisi yoktur" hipotezi %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinin tamamında reddedilmektedir. Bu sonuç, KBG, TAXVOL, SUE, INNT ve ENF değişkenleri arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca hata düzeltme formundaki t-istatistiği -4,652 olup %1 düzeyindeki I(1) kritik değer olan -4,601'den daha negatiftir. Bu sonuç da uzun dönemli ilişkinin varlığını desteklemektedir.

4.1. Birim Kök Testleri

Zaman serisi analizlerinde kullanılan değişkenlerin durağanlık özelliklerinin belirlenmesi, ekonometrik tahminlerin güvenilirliği açısından önem taşımaktadır. Durağan olmayan serilerle gerçekleştirilen analizlerde sahte regresyon (spurious regression) sorununun ortaya çıkabilmesi, modelde yer alan değişkenlerin zaman serisi özelliklerinin önceden incelenmesini gerekli kılmaktadır. Granger ve Newbold (1974), durağan olmayan serilerle oluşturulan regresyon modellerinde yüksek belirleme katsayıları ve istatistiksel olarak anlamlı t-değerleri elde edilmesine rağmen, söz konusu sonuçların değişkenler arasında gerçek bir ekonomik ilişkiyi yansıtmayabileceğini ortaya koymuşlardır. Bu durum, durağanlık özellikleri dikkate alınmadan gerçekleştirilen tahminlerin yanıltıcı sonuçlar üretebileceğini göstermektedir (Koçak, 2014: 66). Durağanlık, genel olarak bir zaman serisinin ortalamasının ve varyansının zaman içerisinde değişmemesi, farklı dönemler arasındaki kovaryansın ise dönemlerin kendisinden ziyade aralarındaki zaman uzaklığına bağlı olması şeklinde tanımlanmaktadır (Kızılkaya vd., 2016: 208). Kovaryans durağanlığına sahip serilerde gözlemler uzun dönem ortalaması etrafında dalgalanmakta, meydana gelen sapmalar zaman içerisinde ortalamaya dönme eğilimi göstermekte ve serinin varyansı sabit kalmaktadır. Ayrıca durağan süreçlerde otokorelasyon katsayıları, uygun düzenlilik koşulları altında gecikme uzunluğu arttıkça azalma eğilimi

göstermektedir. Buna karşılık durağan olmayan serilerde söz konusu özelliklerin bir kısmı veya tamamı sağlanmayabilmektedir (Sevüktekin ve Çınar, 2014: 317). Gujarati ve Porter (2010: 384), zaman serileriyle gerçekleştirilen regresyon analizlerinde değişkenlerin durağanlık özelliklerinin veya aralarındaki eşbütünleşme ilişkisinin dikkate alınması gerektiğini, aksi durumda sahte regresyon sorununun tahmin sonuçlarının güvenilirliğini olumsuz etkileyebileceğini vurgulamaktadır. Bu çerçevede, araştırmada kullanılan değişkenlerin bütünleşme derecelerinin belirlenmesi amacıyla Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testlerinden yararlanılmıştır. ADF birim kök testine ilişkin ekonometrik modelin genel gösterimi aşağıdaki denklemler aracılığıyla ifade edilmektedir.

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \delta_i \, \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \delta_i \, \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p} \delta_i \, \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

Yukarıda sunulan denklemler, sırasıyla sabit terim ve trend içermeyen, yalnızca sabit terimin yer aldığı ve sabit terim ile doğrusal trendin birlikte bulunduğu Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi modellerini göstermektedir. Birim kök analizinde kullanılacak modelin belirlenmesinde serilerin grafiksel eğilimleri ve deterministik özellikleri dikkate alınmaktadır. Bu doğrultuda, çalışmada değişkenlerin durağanlık özelliklerinin incelenmesinde sabitsiz ve trendsiz, sabitli ve sabitli-trendli model yapıları esas alınmıştır. ADF testinde sıfır hipotezi (H_0), serinin birim kök içerdiğini ve durağan olmadığını ifade ederken, alternatif hipotez (H_1) serinin birim kök içermediğini ve durağan olduğunu belirtmektedir. Araştırmada kullanılan bir diğer yöntem olan Phillips-Perron (PP) birim kök testi, ADF testinden farklı olarak hata terimlerinde ortaya çıkabilecek otokorelasyon ve değişen varyans sorunlarını parametrik olmayan düzeltmeler yoluyla dikkate almaktadır. Bu özelliği, PP testinin hata terimlerine ilişkin belirli varsayımların sağlanmadığı durumlarda alternatif bir durağanlık sınaması olarak kullanılmasına olanak tanımaktadır. ADF testinde olduğu gibi PP testinde de birim kök hipotezinin değerlendirilmesinde MacKinnon (1996) tarafından geliştirilen kritik değerlerden ve bunlara karşılık gelen olasılık değerlerinden yararlanılmaktadır. Ayrıca PP testinde hata terimlerinin uzun dönem varyansının tahmin edilmesinde, otokorelasyon ve değişen varyansın etkilerini dikkate alan Newey-West (1987) yaklaşımından yararlanılmaktadır (Köstekçi ve Sandalcı, 2020: 3618). ADF ve PP testlerinden elde edilen bulguların desteklenmesi ve

durağanlık sonuçlarının sağlamlığının değerlendirilmesi amacıyla Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (KPSS) birim kök testi de analize dâhil edilmiştir. KPSS testi, sıfır ve alternatif hipotezlerinin tanımlanması bakımından ADF ve PP testlerinden ayrılmaktadır. ADF ve PP testlerinde sıfır hipotezi serinin birim kök içerdiğini ifade ederken, KPSS testinde sıfır hipotezi serinin durağan olduğunu, alternatif hipotez ise durağanlık koşulunun sağlanmadığını belirtmektedir. Dolayısıyla ADF ve PP testlerinde sıfır hipotezinin reddedilmesi durağanlığa ilişkin istatistiksel kanıt oluştururken, KPSS testinde sıfır hipotezinin reddedilememesi durağanlık varsayımıyla uyumlu bir sonuç olarak değerlendirilmektedir. KPSS testinde ayrıca serilerin deterministik yapıları dikkate alınarak düzey durağanlığı ve trend durağanlığı ayrı ayrı sınanabilmektedir. Çalışmada ADF ve PP birim kök testleri 6 gecikme uzunluğu esas alınarak gerçekleştirilmiş, KPSS testinde ise maksimum gecikme uzunluğu 6 olarak belirlenmiştir. Böylece farklı hipotez yapılarına ve istatistiksel özelliklere sahip birim kök testlerinden yararlanılarak değişkenlerin bütünleşme derecelerinin daha kapsamlı biçimde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. ADF, PP ve KPSS birim kök testlerinden elde edilen bulgular Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 4: Birim Kök Test Sonuçları

Değişken	**ADF (Sabit)**	**ADF (Sabit+Trend)**	**PP (Sabit)**	**PP (Sabit+Trend)**	**KPSS**	**Düzey**	**Birinci Fark**	**Karar**
kbg	-1,548	-2,239	1,519	-0,108	0,569	Durağan değil	Durağan	**I(1)**
TAXVOL	-4,735***	-5,576***	-8,277***	-8,612***	0,242	Durağan	Durağan	**I(0)**
sue	-0,283	-3,239*	-0,531	-4,591***	0,143	Durağan değil	Durağan	**I(1)**
innt	-1,654	-2,771	-1,142	-2,131	0,495	Durağan değil	Durağan	**I(1)**
enf	2,583	2,252	15,051	9,013	0,653	Durağan değil	Durağan	**I(1)**

Not: ADF ve Phillips–Perron (PP) testlerinde boş hipotez serinin birim kök içerdiğini, KPSS testinde ise boş hipotez serinin durağan olduğunu ifade etmektedir. ADF ve PP testlerinde ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir. KPSS testinde kritik değerler %10 için 0,119, %5 için 0,146, %2,5 için 0,176 ve %1 için 0,216'dır. ADF ve PP testleri 6 gecikme ile gerçekleştirilmiştir. KPSS testinde maksimum gecikme uzunluğu 6 olarak alınmıştır.

Birim kök testi sonuçları, serilerin düzey ve birinci fark değerlerinde durağanlık özelliklerinin farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. ADF ve Phillips-Perron testleri genel olarak TAXVOL değişkeninin düzeyde, diğer değişkenlerin ise birinci farklarında durağanlaştığını göstermektedir. KPSS test sonuçları da serilerin birinci farklarında durağan olduklarına ilişkin bulguları büyük ölçüde desteklemektedir. Bununla birlikte, bazı değişkenlerde test sonuçları arasında farklılıklar gözlenmektedir. Bu farklılıklar, birim kök testlerinin farklı boş hipotezlere ve farklı hata yapısı varsayımlarına dayanmasından kaynaklanabilmektedir. Genel olarak

değerlendirildiğinde, serilerin hiçbirinin I(2) seviyesinde olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla serilerin I(0) ve I(1) düzeylerinde bütünleşik olması, Pesaran, Shin ve Smith (2001) ARDL Sınır Testi yaklaşımının uygulanabilmesi için gerekli koşulu sağlamaktadır.

4.2. ARDL Modeli

Eşbütünleşme ilişkisinin varlığı ARDL sınır testi ile belirlendikten sonra, modelin kısa ve uzun dönem dinamiklerini ortaya koymak amacıyla Bayesyen Bilgi Kriteri (BIC) kullanılarak belirlenen optimum gecikme yapısına sahip ARDL(5,0,0,0,2) modeli tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları Tablo 5'te sunulmaktadır.

Tablo 5. ARDL(5,0,0,0,2) Modeli Tahmin Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	p-değeri
Uzun Dönem (LR)				
TAXVOL	$-2{,}95\times10^{9}$	$1{,}15\times10^{9}$	-2,57	0,011***
sue	$-2{,}3805\times10^{6}$	$1{,}5159\times10^{6}$	-1,57	0,118
innt	$2{,}8351\times10^{6}$	$3{,}4096\times10^{6}$	0,83	0,407
enf	$2{,}44\times10^{7}$	$1{,}9338\times10^{6}$	12,63	0,000***
Hata Düzeltme (ADJ)				
ECT(-1) / kbg(-1)	-0,1405	0,0302	-4,65	0,000***
Kısa Dönem (SR)				
Δkbg(-1)	0,3349	0,0668	5,01	0,000***
Δkbg(-2)	0,1781	0,0699	2,55	0,011***
Δkbg(-3)	-0,0051	0,0716	-0,07	0,943
Δkbg(-4)	0,3095	0,0682	4,54	0,000***
Δenf	$1{,}04\times10^{7}$	$5{,}5037\times10^{6}$	1,89	0,060*
Δenf(-1)	$-2{,}25\times10^{7}$	$5{,}8368\times10^{6}$	-3,86	0,000***
Sabit	$7{,}6571\times10^{6}$	$1{,}58\times10^{7}$	0,48	0,629

İstatistik	Değer
Gözlem sayısı (N)	233
R^2	0,3316
Düzeltilmiş R^2	0,2984
Log-likelihood	-4421,9796
Root MSE	$4{,}340\times10^{7}$
Model	**ARDL(5,0,0,0,2)**
Örneklem	2007m2–2026m6
Bilgi kriteri	**BIC**

Not: LR uzun dönem katsayılarını, SR kısa dönem katsayılarını ve ADJ hata düzeltme katsayısını göstermektedir. Δ birinci fark operatörünü ifade etmektedir. Standart hatalar klasik standart hatalardır. ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerini göstermektedir.

ARDL sınır testi sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğu belirlendikten sonra, Schwarz Bayesyen Bilgi Kriteri (BIC) esas alınarak ARDL(5,0,0,0,2) modeli tahmin edilmiştir. Modelin belirleme katsayısı 0,3316, düzeltilmiş belirleme katsayısı ise 0,2984 olarak hesaplanmıştır. Hata düzeltme katsayısı -0,1405 olup %1

düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,01$). Katsayının negatif ve anlamlı olması, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin uzun dönem denge değerine doğru düzeltildiğini ve sapmaların yaklaşık %14,1'inin bir sonraki dönemde giderildiğini göstermektedir. Uzun dönem sonuçlarına göre TAXVOL değişkeninin KBG üzerindeki etkisi negatif ve %5 düzeyinde anlamlıdır ($\beta=-2,95\times10^{9}$; $p=0,011$). Buna karşılık SUE ($\beta=-2,38\times10^{6}$; $p=0,118$) ve İNTT ($\beta=2,84\times10^{6}$; $p=0,407$) değişkenlerinin etkileri istatistiksel olarak anlamlı değildir. ENF değişkeninin ise KBG üzerindeki etkisi pozitif ve %1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur ($\beta=2,44\times10^{7}$; $p<0,01$). Bu bulgular, uzun dönemde vergi gelirlerindeki artışın kamu kesimi borçlanma gereğini azaltırken, enflasyondaki artışın borçlanma gereğini artırdığını göstermektedir.

4.3.1. Tanısal ve Dayanıklılık Testleri

Tahmin edilen ARDL modelinin ekonometrik açıdan geçerliliğini ve elde edilen bulguların güvenilirliğini değerlendirmek amacıyla çeşitli tanısal testlerden yararlanılmıştır. Bu kapsamda, modelin hata terimlerinde otokorelasyonun bulunup bulunmadığı Breusch–Godfrey testiyle, değişen varyans (heteroskedastisite) sorununun varlığı ise Breusch–Pagan/Cook–Weisberg testiyle araştırılmıştır. Modelin fonksiyonel biçiminin uygunluğu ve olası spesifikasyon hataları Ramsey RESET testi aracılığıyla incelenirken, tahmin edilen katsayıların zaman içerisindeki istikrarı CUSUM testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Böylece modelin temel ekonometrik varsayımları ne ölçüde karşıladığı ve tahmin sonuçlarının güvenilirliği bütüncül bir çerçevede ele alınmıştır.

Tablo 6: ARDL(5,0,0,0,2) Modeline İlişkin Tanısal Test Sonuçları

Tanısal Test	Test İstatistiği (p-değeri)	Sonuç
Breusch–Godfrey LM	$\chi^2 = 3,420$ (0,0644)	Otokorelasyon yok
Breusch–Pagan / Cook–Weisberg	$\chi^2 = 24,77$ (0,0000)	Değişen varyans var
Ramsey RESET	$F(3,218) = 5,37$ (0,0014)	Model spesifikasyonu açısından sorun var
Skewness/Kurtosis	$\chi^2 = 50,62$ (0,0000)	Normal dağılım varsayımı sağlanmamaktadır
CUSUM	Test istatistiği = 0,3650	Parametreler istikrarlı
Not: Breusch–Godfrey LM testi otokorelasyonu, Breusch–Pagan/Cook–Weisberg testi değişen varyansı (heteroskedastisite), Ramsey RESET testi model spesifikasyonunu, Skewness/Kurtosis testi hata terimlerinin normal dağılımını ve CUSUM testi model parametrelerinin istikrarını değerlendirmektedir.		

Tanısal test sonuçlarına baktığımızda, Breusch–Godfrey testi %5 anlamlılık düzeyinde modelde otokorelasyon sorunu bulunmadığına işaret etmektedir. Bununla birlikte, Breusch–Pagan/Cook–Weisberg testi değişen varyans sorununun bulunduğunu göstermektedir. Ramsey

RESET testi de model spesifikasyonunun geliştirilmesine yönelik bir bulgu ortaya koymaktadır. Hata terimlerinin normal dağılmadığı görülmekle birlikte, bu durum özellikle büyük örneklemlerde katsayı tahminlerinin temel geçerliliğini tek başına ortadan kaldırmamaktadır. Son olarak CUSUM testi, model parametrelerinin örneklem dönemi boyunca istikrarlı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla modelde bazı tanısal sorunlar bulunmasına rağmen, parametre istikrarının sağlanması ve özellikle uzun dönem katsayılarının istatistiksel anlamlılığı sonuçların değerlendirilmesinde önem taşımaktadır.

4.3.2. Uzun Dönemli İlişki

ARDL sınır testi sonucunda hesaplanan F-istatistiğinin I(1) üst sınır kritik değerini aşması nedeniyle, modelde yer alan değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, kamu kesimi borçlanma gereği (kbg), vergi oynaklığı (TAXVOL), sanayi üretim endeksi (SUE), enflasyon (INNT) ve enflasyon (ENF) arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkilerinin belirlenebilmesi amacıyla ARDL hata düzeltme modeli (ECM) tahmin edilmiştir. Çalışmada kullanılan ARDL hata düzeltme modeli aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$\Delta KBG_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{4} \beta_{1i}\,\Delta KBG_{t-i} + \sum_{i=0}^{0} \beta_{2i}\,\Delta TAXVOL_{t-i} + \sum_{i=0}^{0} \beta_{3i}\,\Delta SUE_{t-i} + \sum_{i=0}^{0} \beta_{4i}\,\Delta INNT_{t-i} + \sum_{i=0}^{1} \beta_{5i}\,\Delta ENF_{t-i} + \lambda_1 KBG_{t-1} + \lambda_2 TAXVOL_{t-1} + \lambda_3 SUE_{t-1} + \lambda_4 INNT_{t-1} + \lambda_5 ENF_{t-1} + \varepsilon_t$$

ARDL sınır testi sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğunun belirlenmesinin ardından, Schwarz Bayesyen Bilgi Kriteri (BIC) esas alınarak belirlenen ARDL(5,0,0,0,2) modeli üzerinden uzun dönem katsayıları tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları Tablo 7'de sunulmaktadır.

Tablo 7: Uzun Dönem Katsayı Tahminleri

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-istatistiği	p-değeri
TAXVOL	-2,95×10⁹	1,15×10⁹	-2,57	0,011
sue	-2.380.520	1.515.873	-1,57	0,118
innt	2.835.055	3.409.583	0,83	0,407
enf	2,44×10⁷	1.933.771	12,63	0,000
Not: Bağımlı değişken kamu kesimi borçlanma gereğidir (kbg). Uzun dönem katsayıları ARDL(5,0,0,0,2) modelinden elde edilmiştir.				

Uzun dönem sonuçlarına göre TAXVOL değişkeninin kamu kesimi borçlanma gereği üzerindeki etkisi negatif ve %5 düzeyinde anlamlıdır. sue değişkeninin etkisi negatif olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı değildir. innt değişkeni de istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Buna karşılık enf değişkeninin etkisi pozitif ve %1 düzeyinde anlamlıdır.

4.3.3. Kısa Dönem İlişkisi ve Hata Düzeltme Modeli

Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığının belirlenmesinin ardından, kısa dönemli dinamiklerin incelenmesi ve kısa dönemde meydana gelen sapmaların uzun dönem denge düzeyine uyum sürecinin değerlendirilmesi amacıyla ARDL yaklaşımı çerçevesinde hata düzeltme modeli (Error Correction Model-ECM) tahmin edilmiştir. Söz konusu model, değişkenler arasındaki kısa dönemli etkileşimlerin yanı sıra uzun dönem dengesinden kaynaklanan sapmaların hangi hızda giderildiğinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu kapsamda, hata düzeltme teriminin katsayısı, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin uzun dönem denge düzeyine uyum hızını göstermektedir. Hata düzeltme katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması, sistemin uzun dönem dengesine yönelik bir düzeltme mekanizmasına sahip olduğuna işaret etmektedir. Bu doğrultuda, araştırmada kullanılan hata düzeltme modelinin genel gösterimi aşağıdaki eşitlikte sunulmaktadır:

$$\Delta KBG_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{4} \beta_{1i}\, \Delta KBG_{t-i} + \sum_{i=0}^{0} \beta_{2i}\, \Delta TAXVOL_{t-i} + \sum_{i=0}^{0} \beta_{3i}\, \Delta SUE_{t-i} + \sum_{i=0}^{0} \beta_{4i}\, \Delta INNT_{t-i} + \sum_{i=0}^{1} \beta_{5i}\, \Delta ENF_{t-i} + \lambda ECT_{t-1} + \varepsilon_t$$

Modelde yer alan ECT_{t-1}değişkeni, uzun dönem eşbütünleşme ilişkisinden elde edilen hata düzeltme teriminin bir dönem gecikmeli değerini ifade etmektedir. Hata düzeltme katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin uzun dönem denge düzeyine doğru düzeltildiğini göstermektedir. Çalışmada optimum gecikme uzunluğu Schwarz Bayesyen Bilgi Kriteri (BIC) esas alınarak belirlenmiş ve ARDL (5,0,0,0,2) modelinin en uygun model olduğu tespit edilmiştir. Modelin kısa dönem ve hata düzeltme sonuçları Tablo 8'de sunulmaktadır.

Tablo 8: ARDL (5,0,0,0,2) Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-istatistiği	p-değeri
ECT(-1)	**-0,1405**	0,0302	-4,65	0,000
Δkbg(-1)	0,3349	0,0668	5,01	0,000
Δkbg(-2)	0,1781	0,0699	2,55	0,011
Δkbg(-3)	-0,0051	0,0716	-0,07	0,943
Δkbg(-4)	0,3095	0,0682	4,54	0,000
Δenf	$1{,}04\times10^{7}$	$5{,}50\times10^{6}$	1,89	0,060
Δenf(-1)	$-2{,}25\times10^{7}$	$5{,}84\times10^{6}$	-3,86	0,000
Sabit	$7{,}66\times10^{6}$	$1{,}58\times10^{7}$	0,48	0,629
Not: Bağımlı değişken **kbg (kamu kesimi borçlanma gereği)**dir. Model, Schwarz Bayesyen Bilgi Kriteri (BIC) esas alınarak seçilen ARDL(5,0,0,0,2) modelinin hata düzeltme formunu göstermektedir. ECT(-1), bir dönem gecikmeli hata düzeltme katsayısını ifade etmektedir.				

Tablo 8'de BIC kriterine göre belirlenen ARDL(5,0,0,0,2) hata düzeltme modeline ilişkin tahmin sonuçları sunulmaktadır. Hata düzeltme teriminin (ECT(-1)) katsayısı -0,1405 olarak hesaplanmış ve %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,01$). Katsayının negatif ve anlamlı olması, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin uzun dönem denge düzeyine doğru düzeltildiğini göstermektedir. Buna göre, uzun dönem denge ilişkisinden kaynaklanan sapmaların yaklaşık %14,1'i bir sonraki dönemde giderilmektedir. ECT(-1) katsayısının mutlak değerinin 1'den küçük olması, sistemde aşırı düzeltme olmadığını ve uzun dönem dengeye istikrarlı bir uyum mekanizmasının bulunduğunu göstermektedir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, Türkiye'de vergi gelirlerindeki oynaklığın kamu kesimi borçlanma gereği üzerindeki kısa ve uzun dönemli etkileri, 2007–2026 dönemine ait aylık veriler kullanılarak GARCH ve ARDL yöntemleriyle incelenmiştir. ARDL sınır testi sonuçları, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin bulunduğunu göstermiştir. BIC kriterine göre belirlenen ARDL(5,0,0,0,2) modelinin uzun dönem tahminlerinde, vergi gelirlerindeki oynaklığın kamu kesimi borçlanma gereği üzerindeki katsayısı negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Enflasyonun katsayısı pozitif ve anlamlı iken sanayi üretim endeksi ile politika faiz oranının katsayıları istatistiksel olarak anlamlı değildir. Hata düzeltme katsayısının negatif ve anlamlı olması, kısa dönemde ortaya çıkan dengesizliklerin uzun dönem denge düzeyine doğru düzeltildiğini ve sapmaların yaklaşık %14,1'inin bir sonraki ayda giderildiğini göstermektedir. Tanısal testler parametre istikrarını desteklemekle birlikte, değişen varyans ve model spesifikasyonuna ilişkin sorunlar bulguların ihtiyatla değerlendirilmesini gerektirmektedir. Elde edilen bulgular, kamu kesimi borçlanma gereğinin değerlendirilmesinde vergi gelirlerinin düzeyinin yanı sıra oynaklığının da dikkate alınması gerektiğine işaret etmektedir. Bu çerçevede vergi gelirlerinin öngörülebilirliğinin artırılması, vergi tabanının güçlendirilmesi ve ihtiyatlı borç yönetimi politikalarının uygulanması kamu maliyesinin sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır.

Kaynakça

Akel, V., & Gazel, S. (2014). Döviz kurları ile BIST sanayi endeksi arasındaki eşbütünleşme ilişkisi: Bir ARDL sınır testi yaklaşımı. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (44), 30–31.

Arslan, A., Gökçe, E. C., & Ateş, M. S. (2020). Türkiye'de iktisadi krizlerin toplam vergi gelirleri üzerindeki etkisi. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 19*(2), 332–349.

Bleaney, M., Gemmell, N., & Greenaway, D. (1995). Tax revenue instability, with particular reference to sub-Saharan Africa. *The Journal of Development Studies, 31*(6), 883–902.

Cömertler Şimşir, N., Çondur, F., Bölükbaş, M., & Alataş, S. (2015). Türkiye'de sağlık ve ekonomik büyüme ilişkisi: ARDL sınır testi yaklaşımı. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar, 52*(604), 48.

Dişbudak, C., & Süslü, B. (2009). Kalkınma ve bireysel gelir dağılımı: Kuznets hipotezi Türkiye için geçerli mi? *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, (18), 155–156.
Ebeke, C., & Ehrhart, H. (2012). Tax revenue instability in Sub-Saharan Africa: Consequences and remedies. *Journal of African Economies, 21*(1), 1–27.
Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Cointegration and error correction: Representation, estimation and testing. *Econometrica, 55*(2), 251–276.
Granger, C. W. J., & Newbold, P. (1974). Spurious regressions in econometrics. *Journal of Econometrics, 2*(2), 111–120. https://doi.org/10.1016/0304-4076(74)90034-7
Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Temel ekonometri* (Ü. Şenesen & G. Günlük Şenesen, Çev. Ed.). Literatür Yayınları.
Gwaindepi, A. (2021). Domestic revenue mobilisation in developing countries: An exploratory analysis of sub-Saharan Africa and Latin America. *Journal of International Development, 33*(2), 396–421.
Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control, 12*(2–3), 231–254.
Kaya, H., Kete, H., & Aydın, M. S. (2017). Türkiye'de yaşam beklentisi tasarruf ilişkisi: ARDL sınır testi yaklaşımı. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*, (62), 368–380.
Kızılkaya, O., Sofuoğlu, E., & Karaçor, Z. (2016). Türkiye'de turizm gelirleri-ekonomik büyüme ilişkisi: ARDL sınır testi yaklaşımı. *Yönetim ve Ekonomi, 23*(1), 208–220.
Koçak, E. (2014). Türkiye'de çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin geçerliliği: ARDL sınır testi yaklaşımı. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi, 2*(3), 66–76.
Köstekçi, A., & Sandalcı, U. (2020). Vergi denetiminin vergi tahsilatına etkisi: Türkiye için bir zaman serisi analizi. *Turkish Studies, 15*(8), 3609–3627. https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.45894
Muhammad, M., Chaudhry, M. A., Syed, S. H., & Saeed, M. (2023). Instability of government revenues and expenditures: Implications for budget deficit in Pakistan. *Quality & Quantity, 57*(6), 4971–4983.
Ouedraogo, R., Tapsoba, R., Sow, M., & Compaoré, A. (2020). *Fiscal resilience building: Insights from a new tax revenue diversification index*. International Monetary Fund.
Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics, 16*(3), 289–326.
Polat, M., & Gemici, E. (2017). Analysis of the relationship between BIST and BRICS stocks in terms of portfolio diversification: Cointegration analysis with ARDL boundary test. *Journal of Economics, Finance and Accounting, 4*(4), 396–397.
Sevüktekin, M., & Çınar, M. (2014). *Ekonometrik zaman serileri analizi: EViews uygulamalı*. Dora Yayınları.
Yan, W. (2013). Using trend data to evaluate the differential response of state borrowing to revenue volatility. *Public Budgeting & Finance, 33*(2), 75–92.

İŞ YÜKÜ VE İŞTEN AYRILMA NİYETİ ARAŞTIRMALARININ TEMEL EĞİLİMLERİ: BİLİMSEL YAPI VE TEMATİK DÖNÜŞÜM

Öğr.Gör. Dr. Yaşar ŞAHİN
Trabzon Üniversitesi, Beşikdüzü Meslek Yüksekokulu, 61800 Beşikdüzü, Trabzon
ORCID ID: 0000-0002-5205-3054
Dr. Öğr. Üyesi Onur OKTAYSOY
Kafkas Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 36000, Kars
ORCID ID: 0000-0002-8623-614X
Doç. Dr. Muhammed Akif YENİKAYA
Kafkas Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 36000, Kars
ORCID ID: 0000-0002-3624-722X

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, iş yükü ve işten ayrılma niyeti ekseninde gelişen bilimsel literatürün temel eğilimlerini, bilimsel yapısını ve tematik dönüşümünü bibliyometrik yöntemlerle incelemektir. Araştırmanın veri seti, Web of Science Core Collection veri tabanında gerçekleştirilen tarama sonucunda belirlenen ve 1982–2026 yılları arasında yayımlanan 1.540 makaleden oluşmaktadır. Çalışmada performans analizi ve bilimsel haritalama yaklaşımları birlikte kullanılmış; yıllara göre yayın ve atıf eğilimleri, öne çıkan dergiler, kurumlar, yazarlar ve yüksek atıf görünürlüğüne sahip çalışmalar incelenmiştir. Ayrıca yazarlar ve ülkeler arasındaki bilimsel iş birlikleri ile anahtar kelime eş-oluşum yapısı VOSviewer aracılığıyla analiz edilmiş, araştırma temalarının zamansal gelişimi ve dönemsel dönüşümü değerlendirilmiştir. Bulgular, alandaki bilimsel üretimin özellikle 2020 sonrasında belirgin biçimde arttığını ve sağlık hizmetleri ile hemşirelik literatürünün araştırma alanında önemli bir ağırlığa sahip olduğunu göstermektedir. Anahtar kelime analizinde job satisfaction, turnover intention, burnout ve workload alanın temel kavramsal çekirdeğini oluşturmuştur. Dönemsel analizler, erken dönemlerde job satisfaction kavramının daha merkezi olduğunu; sonraki dönemlerde workload, burnout ve özellikle turnover intention kavramlarının belirginleştiğini ortaya koymuştur. Daha yakın dönemde ise mental health, well-being, COVID-19 ve quiet quitting gibi temaların görünürlük kazandığı belirlenmiştir. Sonuçlar, araştırma alanının önceki temel kavramların yerini yenilerinin aldığı doğrusal bir dönüşümden ziyade, mevcut kavramsal çekirdeğini koruyarak yeni çalışma yaşamı sorunlarını bünyesine dâhil eden katmanlı bir gelişim sergilediğini göstermektedir. Çalışmanın, iş yükü ve işten ayrılma niyeti araştırmalarının bilimsel ve tematik yapısının bütüncül biçimde anlaşılmasına ve gelecekteki araştırma yönelimlerinin belirlenmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: İş Yükü, İşten Ayrılma Niyeti, İş Tatmini, Tükenmişlik, Bibliyometrik Analiz, VOSviewer

KEY TRENDS IN WORKLOAD AND TURNOVER INTENTION RESEARCH: SCIENTIFIC STRUCTURE AND THEMATIC EVOLUTION

ABSTRACT

This study aims to examine the key trends, scientific structure, and thematic evolution of the literature at the intersection of workload and turnover intention using bibliometric methods. The dataset consists of 1,540 articles published between 1982 and 2026 and retrieved from the Web of Science Core Collection. Performance analysis and science mapping approaches were employed to examine annual publication and citation trends, leading journals, institutions, authors, and highly cited publications. In addition, scientific collaboration among authors and countries and the co-occurrence structure of author keywords were analyzed using VOSviewer, while the temporal development and period-based transformation of research themes were also evaluated. The findings indicate a marked increase in scientific production, particularly after 2020, with health services and nursing literature occupying a prominent position in the field. Keyword analysis identified job satisfaction, turnover intention, burnout, and workload as the core concepts shaping the intellectual structure of the literature. The period-based analysis showed that job satisfaction was more central in the earlier period, whereas workload, burnout, and particularly turnover intention became increasingly prominent in subsequent periods. More recent research has also witnessed the growing visibility of themes such as mental health, well-being, COVID-19, and quiet quitting. Overall, the findings suggest that the field has not evolved through a linear replacement of earlier themes by newer ones; rather, it has exhibited a layered development in which established conceptual foundations have been retained while emerging issues in contemporary working life have been incorporated into the research agenda. By providing an integrated overview of the scientific and thematic structure of workload and turnover intention research, this study contributes to a more comprehensive understanding of the field and provides a systematic basis for identifying future research directions.

Keywords: Workload, Turnover Intention, Job Satisfaction, Burnout, Bibliometric Analysis, VOSviewer

1. GİRİŞ

Günümüz çalışma yaşamında teknolojik gelişmeler, küresel rekabet, iş süreçlerinin hızlanması, dijitalleşme ve çalışanlardan beklenen rol ve sorumlulukların çeşitlenmesi, işin niteliği kadar çalışanların maruz kaldıkları talepleri de önemli ölçüde değiştirmiştir. Örgütlerin değişen çevre koşullarına hızlı biçimde uyum sağlama ve yüksek performansı sürdürülebilir kılma çabaları, çalışanlar açısından zaman baskısı, artan sorumluluklar ve yoğun iş talepleri gibi sonuçları

beraberinde getirebilmektedir. Bu bağlamda iş yükü, çalışanların tutum ve davranışlarını açıklamada örgütsel davranış ve insan kaynakları yönetimi literatürünün önemli araştırma alanlarından biri hâline gelmiştir. İş yükünün çalışanların sahip oldukları zaman, enerji ve diğer kaynaklarla karşılanamayacak düzeye ulaşması, yalnızca bireysel iyi oluş açısından değil; iş tatmini, tükenmişlik, örgütsel bağlılık, performans ve örgütte kalma eğilimi gibi örgütsel sonuçlar bakımından da önem taşımaktadır.

İş yükünün çalışanlar üzerindeki etkilerini açıklamak için literatürde yaygın biçimde yararlanılan yaklaşımlardan biri İş Talepleri-Kaynaklar (Job Demands-Resources -JD-R) modelidir. Demerouti, Bakker, Nachreiner ve Schaufeli (2001), çalışma koşullarını genel olarak iş talepleri ve iş kaynakları olmak üzere iki kategoride değerlendirmiş ve özellikle yüksek iş taleplerinin tükenmişliğin bitkinlik boyutuyla ilişkili olduğunu göstermiştir. Daha sonra Bakker ve Demerouti (2007) tarafından geliştirilen yaklaşım, iş taleplerinin sürekli fiziksel ve/veya psikolojik çaba gerektiren iş özelliklerini ifade ettiğini ve bu taleplerin belirli koşullarda çalışan açısından fiziksel ve psikolojik maliyetler oluşturabileceğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla yoğun iş yükü, çalışanların sahip oldukları kaynakları aşındırarak stres ve tükenmişlik gibi olumsuz sonuçların ortaya çıkmasına katkıda bulunabilmektedir. Bu yönüyle iş yükünün yalnızca işin miktarına ilişkin bir özellik olarak değil, çalışanların iş deneyimini ve örgütsel tutumlarını biçimlendirebilen çok boyutlu bir çalışma koşulu olarak ele alınması gerekmektedir.

İş yükünün ilişkilendirildiği önemli örgütsel sonuçlardan biri işten ayrılma niyetidir. İşten ayrılma niyeti, fiilî işten ayrılma davranışından önce ortaya çıkan ve çalışanın mevcut örgütünden ayrılmaya yönelik bilinçli eğilimini yansıtan önemli bir çalışan tutumudur. Tett ve Meyer (1993), iş tatmini, örgütsel bağlılık, işten ayrılma niyeti ve fiilî işten ayrılma arasındaki ilişkileri meta-analitik bulgular üzerinden incelemiş ve işten ayrılma niyetinin çalışan tutumları ile fiilî işten ayrılma arasındaki süreçte önemli bir konuma sahip olduğunu göstermiştir. Bu nedenle çalışanların örgütten ayrılma niyetlerinin anlaşılması, çalışan devrinin ortaya çıkmasını beklemeden önce örgüt açısından sorun oluşturabilecek çalışma koşullarının ve tutumların belirlenmesine olanak sağlayabilmektedir.

İş yükü ile işten ayrılma niyetinin birlikte incelenmesi farklı meslek gruplarında ve çalışma bağlamlarında önem kazanmıştır. Moore (2000), teknoloji çalışanları üzerinde gerçekleştirdiği araştırmada çalışma koşulları, iş tükenmişliği ve işten ayrılma niyeti arasındaki bağlantıları incelemiş ve iş tükenmişliğinin çalışma koşullarının işten ayrılma niyeti üzerindeki etkisinde önemli bir mekanizma oluşturduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde Ahuja, Chudoba, Kacmar, McKnight ve George (2007), bilgi teknolojileri çalışanlarında algılanan aşırı iş yükü,

iş-aile çatışması, iş özerkliği, örgütsel bağlılık, iş tükenmişliği ve işten ayrılma niyetini aynı araştırma modeli içerisinde değerlendirmiştir. Bu çalışmalar, iş yükü ve işten ayrılma niyeti arasındaki araştırma alanının yalnızca doğrudan bir değişkenler arası ilişkiyle sınırlı olmadığını; tükenmişlik, örgütsel bağlılık, iş-aile çatışması ve iş özerkliği gibi çeşitli örgütsel ve bireysel faktörlerle birlikte ele alınabildiğini göstermektedir.

Söz konusu araştırma alanının özellikle sağlık hizmetleri ve hemşirelik gibi yüksek iş taleplerinin görülebildiği mesleklerde de önemli bir karşılığı bulunmaktadır. McVicar (2003), hemşirelik alanındaki iş stresi literatürünü değerlendirdiği çalışmasında iş yükünün hemşireler açısından önemli iş stresi kaynakları arasında yer aldığını ortaya koymuştur. Shields ve Ward (2001) ise hemşirelerin iş tatmini ve işten ayrılma niyetlerini inceleyerek çalışanların elde tutulması bakımından iş tatmininin önemini göstermiştir. Daha yakın tarihli bir teorik incelemede Dall'Ora, Ball, Reinius ve Griffiths (2020), hemşirelik alanındaki tükenmişlik araştırmalarını değerlendirerek yüksek iş yükü ve yetersiz personel gibi iş taleplerinin tükenmişlikle ilişkilendirildiğini; tükenmişliğin ise işten ayrılma niyeti de dâhil olmak üzere çalışan ve örgüt açısından çeşitli sonuçlarla bağlantılı olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde iş yükü, iş tatmini, stres, tükenmişlik, örgütsel bağlılık ve işten ayrılma niyetinin birbirinden tamamen bağımsız araştırma alanları olmadığı, aksine çalışanların iş deneyimlerini açıklayan geniş bir kavramsal yapı içerisinde ele alındığı görülmektedir.

İş yükü ve işten ayrılma niyetine yönelik araştırmaların farklı meslek gruplarına, disiplinlere ve örgütsel bağlamlara yayılması, konuya ilişkin birikimin yalnızca tek tek ampirik çalışmalar üzerinden değerlendirilmesini güçleştirmektedir. Literatürün zaman içerisindeki gelişiminin, öne çıkan bilimsel aktörlerin, ülkeler ve yazarlar arasındaki iş birliklerinin, etkili çalışmaların ve temel araştırma temalarının bütüncül biçimde ortaya konulması, araştırma alanının mevcut yapısının anlaşılması açısından önem taşımaktadır. Bilimsel haritalama yöntemleri, geniş yayın koleksiyonları içerisindeki bibliyografik ve kavramsal ilişkilerin sistematik biçimde incelenmesine ve araştırma alanlarının yapısının görselleştirilmesine olanak sağlamaktadır (van Eck & Waltman, 2010).

Bu doğrultuda mevcut çalışmanın amacı, iş yükü ve işten ayrılma niyetini birlikte ele alan araştırmaların temel eğilimlerini, bilimsel yapısını ve tematik dönüşümünü ortaya koymaktır. Çalışmada bilimsel üretimin yıllar içerisindeki gelişiminin yanı sıra öne çıkan kaynaklar, kurumlar, yazarlar ve çalışmaların belirlenmesi; ülkeler ve yazarlar arasındaki bilimsel iş birliği yapısının incelenmesi; anahtar kelimeler arasındaki eş-oluşum ilişkileri üzerinden alanın temel

tematik yapısının ortaya çıkarılması ve araştırma temalarının zaman içerisindeki değişiminin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Böylelikle çalışma, iş yükü ve işten ayrılma niyeti ekseninde oluşan geniş araştırma birikimini bütüncül bir perspektiften değerlendirerek alanın geçmişteki gelişimini, mevcut araştırma yapısını ve güncel tematik yönelimlerini görünür kılmayı hedeflemektedir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR

İş yükü ve işten ayrılma niyeti, çalışma yaşamında çalışanların tutum ve davranışlarını açıklamada farklı kuramsal yaklaşımlar çerçevesinde ele alınan ve birbiriyle ilişkili iki önemli kavramdır. Bu bölümde öncelikle iş yükü ve işten ayrılma niyeti kavramsal açıdan incelenmekte, ardından iki kavramı birlikte ele alan araştırmaların temel bulguları ve literatürde öne çıkan açıklama mekanizmaları değerlendirilmektedir.

2.1. İş Yükü

İş yükü, çalışanların belirli bir zaman dilimi içerisinde yerine getirmeleri beklenen görevlerin miktarı, yoğunluğu ve gerektirdiği çaba ile ilişkili temel iş özelliklerinden biridir. Kavram, yalnızca çalışana verilen görevlerin sayısını değil, bu görevlerin tamamlanması için gerekli zaman, zihinsel ve fiziksel çaba ile çalışanın sahip olduğu kaynaklar arasındaki dengeyi de kapsamaktadır. Bu nedenle iş yükünün nesnel iş miktarının yanı sıra çalışanların kendilerinden beklenen iş taleplerini nasıl algıladıklarıyla ilişkili bir olgu olduğu söylenebilir. Spector ve Jex (1998), nicel iş yükünü değerlendirmek amacıyla geliştirdikleri Quantitative Workload Inventory (QWI) kapsamında iş yükünü, işin güçlüğünden ziyade çalışandan beklenen işin miktarı ve çalışma temposu çerçevesinde ele almışlardır. Bu yaklaşım, iş yükünün niceliksel boyutunun örgütsel araştırmalarda ölçülebilir bir iş stresi kaynağı olarak değerlendirilmesine önemli katkı sağlamıştır.

İş yükünün çalışanlar açısından oluşturabileceği sonuçların açıklanmasında İş Talepleri-Kaynaklar (Job Demands-Resources -JD-R) modeli önemli bir teorik çerçeve sunmaktadır. Demerouti, Bakker, Nachreiner ve Schaufeli (2001) tarafından geliştirilen model, çalışma koşullarını iş talepleri ve iş kaynakları olmak üzere iki temel kategoride ele almaktadır. İş talepleri, çalışanların sürekli fiziksel veya psikolojik çaba göstermesini gerektiren ve bu nedenle belirli fizyolojik veya psikolojik maliyetlerle ilişkilendirilebilen iş özelliklerini kapsamaktadır. İş yükü de bu kapsamda temel iş taleplerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Modelin temel varsayımlarından biri, yüksek iş taleplerinin özellikle tükenmişliğin bitkinlik boyutuyla ilişkili olmasıdır (Demerouti et al., 2001).

Bakker ve Demerouti (2007), JD-R modelini daha geniş bir perspektiften değerlendirerek iş talepleri ile çalışanların sahip olduğu iş kaynakları arasındaki dengenin çalışan iyi oluşu ve performansı bakımından önemini vurgulamıştır. Buna göre yüksek iş talepleri her durumda olumsuz bir sonuç doğurmak zorunda olmamakla birlikte, çalışanların bu talepleri karşılamasına yardımcı olacak yeterli kaynakların bulunmaması hâlinde uzun süreli fiziksel ve psikolojik maliyetler ortaya çıkabilmektedir. İş özerkliği, sosyal destek, geri bildirim ve gelişim fırsatları gibi iş kaynakları, yoğun iş taleplerinin çalışanlar üzerindeki olumsuz etkilerinin anlaşılmasında bu nedenle önem taşımaktadır.

İş yükünün sonuçları yalnızca stres veya fiziksel yorgunlukla sınırlı değildir. Yoğun ve sürekli iş talepleri çalışanların işlerine yönelik değerlendirmelerini, iş-aile yaşamı arasındaki dengeyi, örgütsel bağlılıklarını ve örgütte kalma kararlarını etkileyebilecek daha geniş bir sürecin parçası olabilmektedir. Özellikle çalışanların sahip oldukları kaynakların iş taleplerini karşılamakta yetersiz kaldığı durumlarda tükenmişlik ve işten uzaklaşma gibi sonuçların ortaya çıkması olasıdır. Nitekim sağlık çalışanlarına yönelik literatürde yüksek iş yükü ve yetersiz personel gibi çalışma koşullarının tükenmişlikle ilişkilendirildiği görülmektedir (Dall'Ora et al., 2020). Dolayısıyla iş yükünün, çalışanların yalnızca günlük çalışma deneyimlerini değil, daha uzun vadede örgütle ilişkilerini ve çalışma yaşamına yönelik tutumlarını etkileyebilen önemli bir örgütsel değişken olduğu ifade edilebilir.

2.2. İşten Ayrılma Niyeti

İşten ayrılma niyeti, çalışanın mevcut işinden veya örgütünden ayrılmaya yönelik bilinçli düşüncesini ve eğilimini ifade eden önemli bir örgütsel davranış kavramıdır. Kavramın fiilî işten ayrılmadan ayrıştırılması önemlidir. Fiilî işten ayrılma gözlenebilir bir davranış iken işten ayrılma niyeti, bu davranışın gerçekleşmesinden önce ortaya çıkan bilişsel ve tutumsal bir süreci ifade etmektedir. Bu nedenle işten ayrılma niyeti, çalışan devrinin anlaşılması ve çalışanların örgütte tutulmasına yönelik uygulamaların geliştirilmesi açısından önemli bir gösterge olarak değerlendirilmektedir.

İşten ayrılma sürecinin açıklanmasında Mobley'nin (1977) geliştirdiği yaklaşım literatürde temel çalışmalardan biri olarak kabul edilmektedir. Mobley (1977), iş tatmini ile fiilî işten ayrılma arasındaki ilişkinin doğrudan ve tek aşamalı bir süreç olarak değerlendirilmesinin yetersiz olduğunu belirterek çalışanların işlerinden duydukları tatminsizlik sonrasında işten ayrılmayı düşünme, alternatifleri değerlendirme ve ayrılma niyeti geliştirme gibi bilişsel aşamalardan geçebileceğini ileri sürmüştür. Böylece işten ayrılma, yalnızca gerçekleşen nihai

davranış olarak değil, çeşitli tutum ve değerlendirmelerin birbirini izlediği bir karar süreci içerisinde ele alınmıştır.

Mobley, Horner ve Hollingsworth (1978), 203 hastane çalışanı üzerinde gerçekleştirdikleri araştırmada bu süreci ampirik olarak incelemiş; iş tatmini, işten ayrılmayı düşünme, iş arama niyeti, işten ayrılma niyeti ve fiilî işten ayrılma arasındaki bağlantıları değerlendirmişlerdir. Bu yaklaşım, sonraki çalışan devri modellerinin gelişmesinde önemli bir temel oluşturmuştur. İşten ayrılma niyetinin fiilî ayrılma davranışının açıklanmasındaki önemi daha sonraki meta-analitik araştırmalar tarafından da desteklenmiştir. Tett ve Meyer (1993), 155 çalışmadan elde edilen 178 bağımsız örneklemi kapsayan meta-analizlerinde iş tatmini, örgütsel bağlılık, işten ayrılma niyeti ve fiilî işten ayrılma arasındaki ilişkileri incelemiş ve işten ayrılma niyetinin çalışan tutumları ile fiilî ayrılma arasındaki süreçte merkezi bir rol oynadığını göstermiştir.

Çalışan devrinin öncüllerini kapsamlı biçimde değerlendiren Griffeth, Hom ve Gaertner (2000) de işten ayrılmanın tek bir örgütsel veya bireysel faktörle açıklanamayacağını ortaya koymaktadır. İş tatmini, örgütsel bağlılık, alternatif iş olanakları ve çeşitli çalışma koşulları çalışanların ayrılma sürecinde farklı düzeylerde rol oynayabilmektedir. Bu durum işten ayrılma niyetinin örgütsel araştırmalarda yalnızca nihai bir sonuç değişkeni olarak değil, çalışanların iş ortamına ilişkin deneyimlerinin ve değerlendirmelerinin davranışa dönüşmesinden önceki önemli bir aşama olarak ele alınmasını gerekli kılmaktadır.

Örgütler açısından işten ayrılma niyetinin incelenmesi ayrıca insan kaynaklarının sürdürülebilirliği bakımından önemlidir. Çalışanın fiilen örgütten ayrılmasının ardından ortaya çıkabilecek işe alım, seçme, yerleştirme ve eğitim maliyetlerinin yanı sıra bilgi ve deneyim kaybı, iş süreçlerinde sürekliliğin bozulması ve kalan çalışanların iş yükünün artması gibi sonuçlar da çalışan devrinin örgütsel önemini artırmaktadır. Özellikle sağlık hizmetleri gibi uzmanlaşmış insan kaynağının kritik olduğu alanlarda çalışanların örgütte tutulması daha geniş hizmet ve sistem sonuçlarıyla ilişkilendirilmektedir (Hayes et al., 2006). Bu nedenle işten ayrılma niyetinin öncüllerinin belirlenmesi, örgütlerin çalışanları elde tutmaya yönelik politikalarının geliştirilmesinde önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır.

2.3. İş Yükü–İşten Ayrılma Niyeti Eksenindeki Araştırmalar

İş yükü ile işten ayrılma niyeti arasındaki araştırma alanı, çalışanların karşı karşıya kaldıkları yoğun iş taleplerinin örgütte kalma veya örgütten ayrılmaya yönelik değerlendirmelerini nasıl biçimlendirdiği sorusu etrafında gelişmiştir. Bununla birlikte literatürde iki kavram arasındaki bağlantının her zaman basit ve doğrudan bir ilişki biçiminde ele alınmadığı görülmektedir.

Tükenmişlik, iş tatmini, örgütsel bağlılık, iş-aile çatışması, iş özerkliği ve çalışanların sahip oldukları diğer iş kaynakları bu bağlantının açıklanmasında öne çıkan değişkenler arasındadır. Bu ilişkinin açıklanmasında JD-R modeli önemli bir teorik dayanak sağlamaktadır. Model açısından değerlendirildiğinde iş yükü bir iş talebi niteliğindedir ve sürekli yüksek düzeyde iş taleplerine maruz kalınması çalışanların fiziksel ve psikolojik kaynaklarının tüketilmesine neden olabilmektedir (Demerouti et al., 2001). Bu süreçte ortaya çıkan tükenme, çalışanların mevcut işlerinden ve örgütlerinden uzaklaşmalarına ve alternatif çalışma olanaklarını değerlendirmelerine zemin hazırlayabilir. Bununla birlikte iş özerkliği, yönetici ve çalışma arkadaşlarından alınan destek ve diğer iş kaynakları, iş taleplerinin sonuçlarını değiştirebilecek unsurlar olarak değerlendirilmektedir (Bakker & Demerouti, 2007). Dolayısıyla iş yükü ile işten ayrılma niyeti arasındaki bağlantının örgütsel bağlama ve çalışanların erişebildiği kaynaklara bağlı olarak farklılaşması mümkündür.

Moore (2000), teknoloji profesyonelleri üzerinde gerçekleştirdiği araştırmada bu sürecin önemli unsurlarından biri olarak iş tükenmişliğini ele almıştır. Çalışmanın sonuçları, iş tükenmişliğinin çalışma ortamına ilişkin çeşitli faktörlerin işten ayrılma niyeti üzerindeki etkilerini kısmen aktaran bir mekanizma olduğunu göstermiştir. Böylece çalışanların işten ayrılma niyetlerinin yalnızca iş taleplerinin miktarıyla değil, bu talepler sonucunda ortaya çıkan psikolojik tükenmeyle de bağlantılı olduğu ortaya konulmuştur. Ahuja, Chudoba, Kacmar, McKnight ve George (2007) ise yoğun biçimde seyahat eden bilgi teknolojileri çalışanlarını inceledikleri çalışmalarında iş yükü, iş-aile çatışması, iş özerkliği, örgütsel bağlılık, iş tükenmişliği ve işten ayrılma niyetini bütünleşik bir model içerisinde değerlendirmişlerdir. Çalışma, işten ayrılma niyetinin anlaşılmasında iş yükünün diğer iş ve aile yaşamı faktörleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

İş yükü ve çalışan devri ilişkisi özellikle sağlık hizmetleri ve hemşirelik literatüründe geniş bir araştırma alanı oluşturmuştur. Hayes ve diğerleri (2006), hemşire devrine ilişkin kapsamlı literatür incelemelerinde çalışan devrinin belirleyicilerini, maliyetlerini ve çalışan, hasta ve sağlık sistemi açısından sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Sağlık hizmetlerinde personel yetersizliği ve yoğun iş talepleri çalışanların iş deneyimlerini etkilerken, tükenmişlik de bu süreçte önemli bir kavram olarak öne çıkmaktadır. Dall'Ora, Ball, Reinius ve Griffiths (2020) tarafından gerçekleştirilen teorik incelemede de yüksek iş yükü ve yetersiz personel gibi iş taleplerinin hemşirelikte tükenmişlikle ilişkilendirildiği; tükenmişliğin ise işten ayrılma niyeti dâhil çeşitli çalışan ve örgütsel sonuçlarla bağlantılı olduğu ortaya konulmuştur.

Literatür bütüncül olarak değerlendirildiğinde iş yükü ve işten ayrılma niyeti eksenindeki araştırmaların zaman içinde tek bir doğrudan ilişkinin incelenmesinden daha geniş bir kavramsal yapıya doğru geliştiği görülmektedir. İş tatmini ve örgütsel bağlılık gibi geleneksel çalışan tutumlarının yanı sıra tükenmişlik, iş-aile çatışması, iş özerkliği, stres, çalışanların elde tutulması ve iyi oluş gibi değişkenler de bu araştırma alanının parçası hâline gelmiştir. Bu çeşitlilik, iş yükü ve işten ayrılma niyetini birlikte ele alan bilimsel birikimin hangi temalar etrafında geliştiğinin, hangi araştırma alanlarının zaman içerisinde ön plana çıktığının ve bilimsel üretimin yapısının sistematik biçimde incelenmesini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda mevcut çalışma, söz konusu araştırma alanını bilimsel üretim, iş birliği yapıları, anahtar kelime ilişkileri ve tematik dönüşüm açısından ele alarak literatürün bütüncül görünümünü ortaya koymayı amaçlamaktadır.

3. YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın tasarımı, veri kaynağı ve veri toplama süreci, bibliyografik verilerin analiz öncesinde temizlenmesi ve standardizasyonu ile analiz sürecinde izlenen aşamalar açıklanmaktadır. Araştırmanın şeffaflığını ve tekrarlanabilirliğini sağlamak amacıyla veri setinin oluşturulmasından bilimsel haritaların elde edilmesine kadar izlenen süreç sistematik biçimde sunulmuştur.

3.1. Araştırma Tasarımı

Bu çalışma, iş yükü ve işten ayrılma niyeti ekseninde gelişen bilimsel literatürün temel eğilimlerini, bilimsel yapısını ve tematik dönüşümünü incelemek amacıyla bibliyometrik araştırma tasarımına dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Bibliyometrik analiz, geniş hacimli bilimsel yayın verilerinin nicel göstergeler ve bilimsel haritalama teknikleri aracılığıyla sistematik biçimde incelenmesine olanak sağlayan bir yöntemdir. Bu yaklaşım, belirli bir araştırma alanındaki yayın ve atıf performansının değerlendirilmesinin yanı sıra yazarlar, kurumlar, ülkeler ve kavramlar arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılmasına da imkân vermektedir (Donthu et al., 2021). Bibliyometrik yöntemlerin özellikle genişleyen ve farklı araştırma akımlarına ayrılan literatürün yapısının incelenmesinde araştırmacılara daha sistematik ve nesnel bir değerlendirme olanağı sağladığı belirtilmektedir (Zupic & Čater, 2015).

Bibliyometrik araştırmalar genel olarak performans analizi ve bilimsel haritalama olmak üzere birbirini tamamlayan iki temel yaklaşım çerçevesinde ele alınabilmektedir. Performans analizi; yayın sayısı, atıf sayısı, öne çıkan yazarlar, kaynaklar, kurumlar ve ülkeler gibi bilimsel üretim ve etki göstergelerinin değerlendirilmesine odaklanmaktadır. Bilimsel haritalama ise araştırma alanını oluşturan aktörler ve kavramlar arasındaki ilişkilerin ağ yapıları üzerinden

incelenmesine olanak sağlamaktadır (Donthu et al., 2021). Bu çalışmada her iki yaklaşım birlikte kullanılmış; böylece iş yükü ve işten ayrılma niyeti araştırmalarının yalnızca niceliksel gelişiminin değil, iş birliği örüntülerinin, kavramsal yapısının ve zaman içerisindeki tematik değişiminin de ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

3.2. Veri Kaynağı ve Veri Toplama Süreci

Araştırmanın bibliyografik verileri Web of Science (WoS) Core Collection veri tabanından elde edilmiştir. Veri toplama sürecinde araştırmanın iki temel kavramı olan "iş yükü" ve "işten ayrılma/işten ayrılma niyeti" esas alınmıştır. Bu doğrultuda WoS veri tabanında aşağıdaki arama sorgusu kullanılmıştır:

("workload" OR "heavy workload") AND ("turnover" OR "intention to leave" OR "turnover intention")

Arama stratejisinde aynı kavramın literatürde farklı biçimlerde ifade edilebilmesi dikkate alınmıştır. Bu nedenle iş yükünü temsil etmek üzere "workload" ve "heavy workload"; işten ayrılma boyutunu temsil etmek üzere ise "turnover", "intention to leave" ve "turnover intention" ifadeleri OR operatörü ile birleştirilmiştir. İki temel kavram grubu arasında AND bağlacı kullanılarak veri setinin her iki araştırma eksenini birlikte içeren yayınlardan oluşması amaçlanmıştır. Bu yaklaşım, araştırmanın yalnızca genel iş yükü veya yalnızca genel çalışan devri literatürünü değil, bu iki kavramsal alanın kesişiminde yer alan bilimsel yayınları incelemesini sağlamıştır.

Web of Science Core Collection üzerinde 19 Eylül 2026 tarihinde gerçekleştirilen tarama sonucunda araştırma kapsamına alınan yayınların 1982-2026 yılları arasında dağıldığı belirlenmiş ve toplam 1.540 yayın nihai veri setini oluşturmuştur. Analizde SCI-Expanded, SSCI, ESCI indekslerinde taranan, makale türünde çalışmalar ele alınmıştır. Bibliyometrik analizlerde veri tabanı seçimi, arama terimleri ve sorgu yapısının araştırmanın kapsamını doğrudan belirlemesi nedeniyle arama stratejisinin açık ve tekrarlanabilir biçimde raporlanması önem taşımaktadır (Donthu et al., 2021).

WoS'tan elde edilen kayıtlar; yazar, yayın başlığı, kaynak, dergi, yayın yılı, yazar anahtar kelimeleri, kurum ve adres bilgileri, ülke bilgileri, atıf sayıları ve diğer bibliyografik bilgileri içerecek biçimde dışa aktarılmıştır. Bu bilgiler daha sonra performans göstergelerinin hesaplanması ve VOSviewer aracılığıyla bilimsel ağların oluşturulması amacıyla kullanılmıştır.

3.3. Veri Temizleme ve Standardizasyon

Bibliyometrik analizlerde aynı kavram, yazar, kurum veya ülkenin farklı yazım biçimleriyle kaydedilmesi ağ yapısında yapay ayrışmalara ve aynı öğenin birden fazla düğüm olarak temsil

edilmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle bilimsel haritalama öncesinde veri temizleme ve standardizasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bilimsel haritalama sürecinde veri hazırlama ve ön işleme aşamalarının analiz sonuçlarının güvenilirliği açısından önemli olduğu belirtilmektedir (Aria & Cuccurullo, 2017; Zupic & Čater, 2015).

Bu çalışmada standardizasyon işlemleri özellikle anahtar kelimeler ve ülke isimleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Anahtar kelime eş-oluşum analizinde aynı kavramı ifade ettiği açık biçimde belirlenen yazım ve çoğul-tekil farklılıklarının ayrı düğümler oluşturmasını engellemek amacıyla VOSviewer thesaurus dosyasından yararlanılmıştır. Bu kapsamda "turnover intentions" → "turnover intention", "turnover ıntention" → "turnover intention", "ıntention to leave" → "intention to leave" ve "wellbeing" → "well-being" biçiminde standardizasyon yapılmıştır. Buradaki amaç farklı kavramları tek bir başlık altında toplamak değil, aynı kavramın yazım veya biçimsel farklılıklarından kaynaklanan yapay ayrışmayı ortadan kaldırmaktır.

Veri temizleme sürecinde muhafazakâr bir yaklaşım benimsenmiştir. Anlamsal açıdan ilişkili olmakla birlikte birbirinden farklı kavramları temsil eden "turnover", "turnover intention", "intention to leave", "nurse" ve "nursing" gibi terimler birleştirilmemiştir. Böylece araştırma alanının kavramsal çeşitliliğinin korunması ve araştırmacının öznel değerlendirmelerinden kaynaklanabilecek aşırı standardizasyonun önlenmesi amaçlanmıştır.

Benzer bir standardizasyon ülkeler arası bilimsel iş birliği analizinde de gerçekleştirilmiştir. Veri setinde ülke adlarının farklı veya karakter kodlamasından kaynaklanan biçimlerde yer aldığı görülmüş; bu kapsamda "Turkey" → "Türkiye", "ındia" → "India", "ındonesia" → "Indonesia", "ıran" → "Iran", "ıreland" → "Ireland", "ısrael" → "Israel", "ıtaly" → "Italy", "ıceland" → "Iceland" ve "north ıreland" → "North Ireland" biçiminde standardizasyon uygulanmıştır. Böylelikle aynı ülkenin ağ içerisinde birden fazla düğüm olarak gösterilmesinin önüne geçilmiştir.

3.4. Analiz Süreci

Araştırmada bibliyometrik performans analizi ile bilimsel haritalama teknikleri birlikte kullanılmıştır. Bilimsel ağların oluşturulması ve görselleştirilmesinde VOSviewer yazılımından yararlanılmıştır. VOSviewer, bibliyometrik ağların oluşturulması, görselleştirilmesi ve araştırma alanındaki ilişkilerin ağ haritaları aracılığıyla incelenmesi amacıyla geliştirilmiş bir yazılımdır (van Eck & Waltman, 2010). Program özellikle geniş bibliyometrik ağların görsel olarak yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır.

İlk aşamada araştırma alanının genel performans göstergeleri incelenmiştir. Bu kapsamda yıllara göre yayın ve atıf dağılımları, en üretken kaynak dergiler, kurum ve kurumsal yapılar, en üretken yazarlar ve en fazla atıf alan çalışmalar değerlendirilmiştir. Yayın sayıları bilimsel üretkenliğin, toplam atıflar ise yayınların bilimsel görünürlüğü ve etkisinin göstergelerinden biri olarak ele alınmıştır. Bununla birlikte yeni tarihli yayınların atıf biriktirmek için daha kısa süreye sahip olduğu dikkate alınarak özellikle son yıllardaki atıf değerleri yorumlanırken yayın yaşı etkisi göz önünde bulundurulmuştur.

Araştırmanın kavramsal yapısının belirlenmesinde anahtar kelime eş-oluşum (co-occurrence) analizi gerçekleştirilmiştir. Eş-oluşum veya ortak kelime analizi, belirli kavramların bilimsel yayınlarda birlikte kullanılma örüntülerinden hareketle araştırma alanının kavramsal ve tematik yapısının ortaya çıkarılmasına olanak sağlamaktadır (Zupic & Čater, 2015). Analizde yazar anahtar kelimeleri kullanılmış ve full counting yöntemi tercih edilmiştir. Bir anahtar kelimenin analize dâhil edilebilmesi için minimum görülme sıklığı 10 olarak belirlenmiştir. İlk analizde eşik değerini karşılayan 73 anahtar kelime bulunurken, thesaurus aracılığıyla gerçekleştirilen standardizasyon sonrasında analiz 69 anahtar kelime üzerinden yürütülmüş ve bu kavramların yedi kümede toplandığı belirlenmiştir.

Bilimsel iş birliği yapısının değerlendirilmesi amacıyla co-authorship analizleri gerçekleştirilmiştir. Ülkeler arası iş birliği analizinde minimum yayın sayısı 5, minimum atıf sayısı ise 0 olarak belirlenmiş; standardizasyon sonrasında eşik değerlerini karşılayan 53 ülke değerlendirmeye alınmıştır. Yazarlar arası iş birliği analizinde başlangıçta minimum yayın sayısı 5 olarak uygulanmış, ancak bu eşik yalnızca dokuz yazarı kapsadığından ağın yapısını daha anlamlı biçimde inceleyebilmek amacıyla minimum yayın sayısı 3 olarak belirlenmiştir. Bu koşulu 6.497 yazar arasından 67 yazar karşılamıştır. Bununla birlikte söz konusu yazarların tamamı birbirine bağlı olmadığından VOSviewer tarafından belirlenen en büyük bağlantılı bileşen sekiz yazardan oluşmuştur. Bu nedenle yazarların üretkenlik sıralaması ile ortak yazarlık ağının yapısı birbirinden ayrı değerlendirilmiştir.

Son aşamada ağların yapısal ve zamansal özelliklerini değerlendirmek amacıyla Network Visualization ve Overlay Visualization görünümlerinden yararlanılmıştır. Network Visualization, öğeler arasındaki bağlantıları ve kümelenmeleri ortaya koymak amacıyla; Overlay Visualization ise anahtar kelimelerin ortalama yayın yılları üzerinden araştırma alanındaki zamansal yönelimleri değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Buna ek olarak, tematik değişimin daha açık biçimde ortaya konulması amacıyla yazar anahtar kelimeleri 1982-2009, 2010-2019, 2020-2023 ve 2024-2026 dönemleri itibarıyla ayrıca incelenmiştir.

Dönemlerin süreleri ve yayın hacimleri birbirinden farklı olduğundan dönemsel frekanslar doğrudan büyüme oranı olarak yorumlanmamış; kavramların dönem içerisindeki göreli görünürlüğü ve sıralamalarındaki değişim esas alınmıştır. Böylece araştırmanın performans göstergeleri, bilimsel iş birliği ağları, kavramsal yapısı ve tematik dönüşümü birbirini tamamlayan analizler aracılığıyla değerlendirilmiştir.

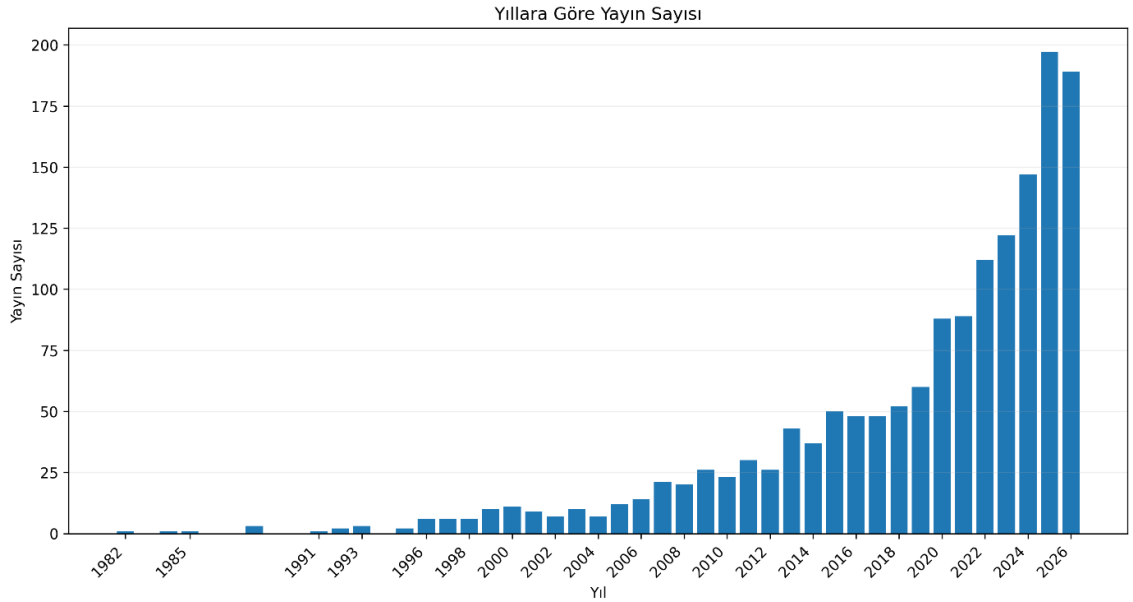
4. BULGULAR

Bu bölümde, araştırma kapsamında incelenen 1.540 yayına ilişkin bibliyometrik analiz bulguları sunulmaktadır. Bulgular; bilimsel üretim ve atıf eğilimleri, kaynak dergiler ve kurumlar, yazar üretkenliği ve bilimsel iş birlikleri, yüksek etkili çalışmalar, ülkeler arası iş birlikleri, anahtar kelime eş-oluşum yapısı ve araştırma temalarının zaman içerisindeki dönüşümü çerçevesinde değerlendirilmiştir.

4.1. Yıllara Göre Bilimsel Üretim ve Atıf Eğilimi

Araştırma kapsamında incelenen 1.540 yayın 1982-2026 yılları arasına dağılmaktadır. Yayınların yıllara göre dağılımı incelendiğinde, özellikle 2020 sonrasında bilimsel üretimde belirgin bir hızlanma olduğu görülmektedir. Yayın sayısı 2015 yılında 50 iken 2020 yılında 88'e, 2022 yılında 112'ye, 2023 yılında 122'ye ve 2024 yılında 147'ye yükselmiştir. Veri setinde en yüksek yıllık yayın sayısına 197 yayın ile 2025 yılında ulaşılmıştır. 2026 yılına ait 189 yayın bulunmakla birlikte veri toplama tarihinin yıl tamamlanmadan önce olması nedeniyle bu değer, bilimsel üretimde bir azalma olarak yorumlanmamalıdır.

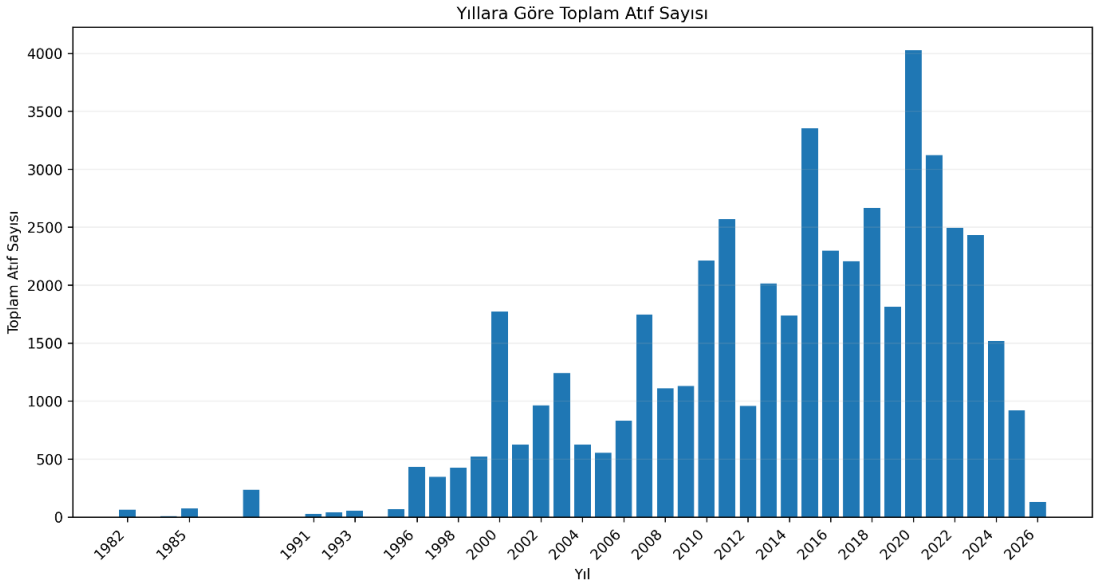
Şekil 1. Yıllara Göre Yayın Sayılarının Dağılımı



Atıfların yıllara göre dağılımı, yayın sayısındaki artıştan farklı bir görünüm sergilemektedir. Örneğin 2020 yılında yayımlanan çalışmaların veri setindeki toplam atıf sayısı 4.024 iken, 2021

yılı yayınları 3.121 ve 2022 yılı yayınları 2.496 atıf almıştır. Daha yeni yayınlarda toplam ve yayın başına ortalama atıf sayılarının azalması beklenen bir durumdur; çünkü bu yayınların atıf biriktirebilmesi için geçen süre daha kısadır. Bu nedenle özellikle 2024-2026 dönemine ait atıf değerlerinin doğrudan daha eski yıllarla karşılaştırılması yerine yayın yaşı dikkate alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Şekil 2. Yıllara Göre Toplam Atıf Sayılarının Dağılımı

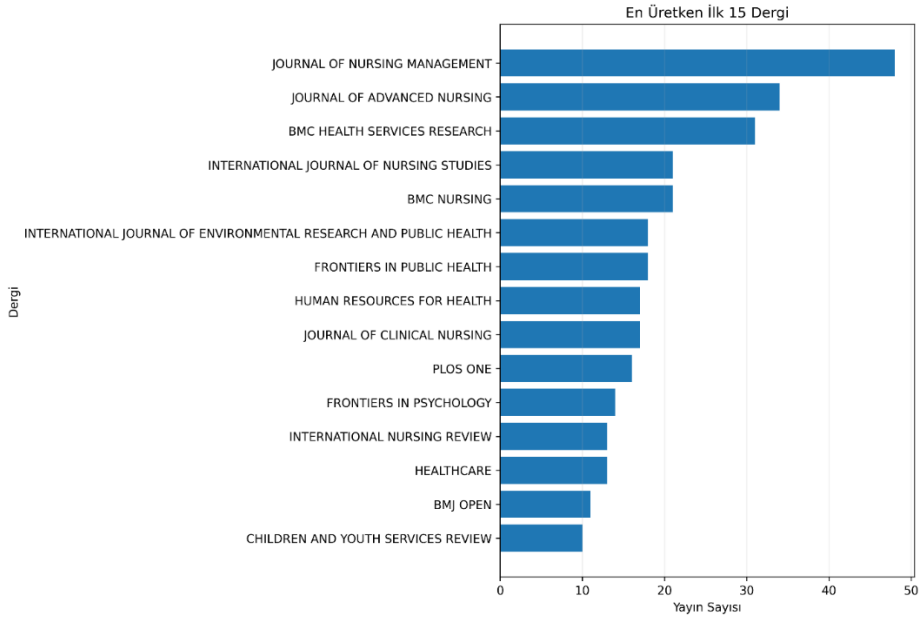


Genel olarak değerlendirildiğinde, iş yükü ve işten ayrılma niyeti eksenindeki bilimsel üretimin özellikle son yıllarda genişlediği görülmektedir. Bu bulgu, alanın giderek daha fazla araştırmacının ilgisini çeken güncel bir çalışma alanına dönüştüğünü göstermektedir.

4.2. Kaynak Dergilerin Dağılımı ve Bilimsel Etkisi

Araştırma alanındaki bilimsel üretimin hangi kaynaklarda yoğunlaştığını belirlemek amacıyla dergilerin yayın ve atıf performansları incelenmiştir. Yayın sayısı açısından *Journal of Nursing Management* 48 yayınla ilk sırada yer almaktadır. Bu dergiyi *Journal of Advanced Nursing* 34 ve *BMC Health Services Research* 31 yayınla izlemektedir. *International Journal of Nursing Studies* ve *BMC Nursing* ise 21'er yayınla öne çıkan diğer kaynaklardır.

Şekil 3. İş Yükü ve İşten Ayrılma Niyeti Araştırmalarında En Üretken İlk 15 Dergi



Yayın sayısı ile atıf etkisi birlikte değerlendirildiğinde sıralamanın değiştiği görülmektedir. *International Journal of Nursing Studies*, 21 yayına karşılık 2.389 toplam atıf ve yayın başına 113,76 ortalama atıfla yüksek bilimsel görünürlüğe sahiptir. Benzer biçimde *Human Resources for Health*, 17 yayın üzerinden 1.814 toplam atıf ve yayın başına 106,71 ortalama atıfa ulaşmıştır. Buna karşılık yayın sayısı bakımından ilk sırada bulunan *Journal of Nursing Management*'ta 48 yayın toplam 1.259 atıf almıştır.

Dergilerin dağılımında hemşirelik ve sağlık hizmetleri alanına yönelik kaynakların belirgin biçimde öne çıkması dikkat çekmektedir. Bu yapı, iş yükü ve işten ayrılma niyeti araştırmalarının sağlık çalışanları ve özellikle hemşirelik bağlamında önemli bir araştırma alanı oluşturduğunu göstermektedir. Nitekim hemşirelerin işten ayrılma niyetine yönelik daha önce gerçekleştirilen bir bibliyometrik araştırmada da *Journal of Nursing Management*, *Journal of Advanced Nursing* ve *Journal of Clinical Nursing* yayın sayısı bakımından öne çıkan dergiler arasında bulunmuştur (Xu et al., 2023).

4.3. Kurumsal Üretkenlik ve Bilimsel Etki

Araştırma alanının kurumsal yapısını belirlemek amacıyla Web of Science'ta standartlaştırılmış kurum/kuruluş bilgileri temel alınarak yayın ve atıf performansları incelenmiştir. Sonuçlara göre *University of California System* ve *University of North Carolina* 28'er yayınla en yüksek bilimsel üretime sahip kurumsal yapılar olarak belirlenmiştir. Bu kurumları *University of London* 27, *State University System of Florida* 26 ve *US Department of Veterans Affairs* 25 yayınla takip etmektedir.

Tablo 1. En Üretken İlk 15 Kurum ve Kurumsal Yapı

Sıra	Kurum/Kuruluş	Yayın	Toplam Atıf	Yayın Başına Atıf
1	University of California System	**28**	1.011	36,11
2	University of North Carolina	**28**	553	19,75
3	University of London	27	1.137	42,11
4	State University System of Florida	26	1.353	52,04
5	US Department of Veterans Affairs	25	406	16,24
6	University System of Ohio	24	**1.603**	66,79
7	University of Texas System	23	1.176	51,13
8	Veterans Health Administration (VHA)	23	280	12,17
9	University of Iowa	21	866	41,24
10	University of Toronto	20	638	31,90
11	Karolinska Institutet	19	**1.585**	**83,42**
12	Monash University	19	681	35,84
13	Pennsylvania Commonwealth System of Higher Education	18	550	30,56
14	Harvard University	18	441	24,50
15	University of Colorado System	17	527	31,00

Atıf performansı dikkate alındığında *University System of Ohio* 24 yayın üzerinden 1.603 toplam atıfa ulaşırken, *Karolinska Institutet* 19 yayın ve 1.585 toplam atıfla dikkat çekmektedir. *Karolinska Institutet*'in yayın başına ortalama atıf değeri 83,42 olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular, yayın üretkenliği ile atıf etkisinin kurumsal düzeyde de aynı göstergeyi temsil etmediğini ortaya koymaktadır.

4.4. Yazarların Bilimsel Üretkenliği ve İş Birliği Yapısı

Yazar düzeyindeki analizler iki farklı açıdan gerçekleştirilmiştir. İlk olarak araştırma alanındaki en üretken yazarlar yayın ve atıf sayıları üzerinden belirlenmiş; ikinci olarak ortak yazarlık ilişkileri kullanılarak araştırmacılar arasındaki bilimsel iş birliği ağı incelenmiştir. Bu ayrım, bilimsel üretkenlik ile ağ içerisindeki iş birliği konumunun birbirinden farklı göstergeler olduğunu ortaya koymak açısından önemlidir.

4.4.1. En Üretken Yazarlar

Yayın sayısına göre gerçekleştirilen değerlendirmede Franklin Dexter 13 yayın ve 555 atıfla araştırma alanındaki en üretken yazar olarak belirlenmiştir. Dexter'ı Richard H. Epstein 11 yayın ve 487 atıf, Peter Van Bogaert ise 8 yayın ve 478 atıfla izlemektedir. Walter Sermeus 6 yayın ve 364 atıfla öne çıkan diğer araştırmacılardan biridir.

Tablo 2. Araştırma Alanındaki En Üretken Yazarlar

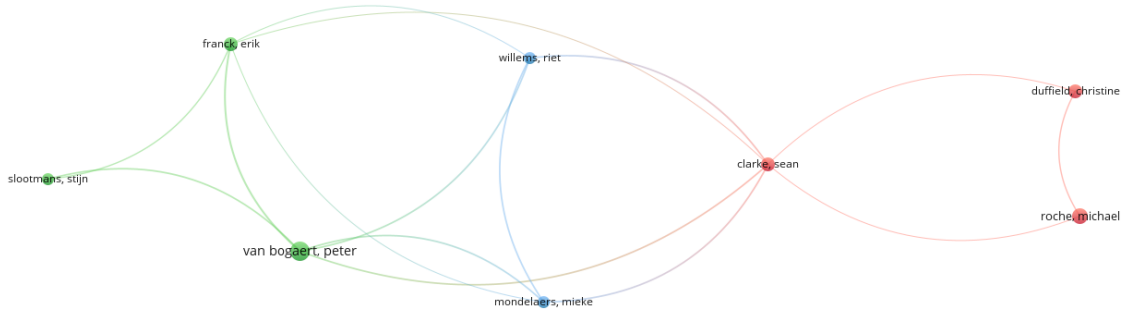
Yazar	Yayın	Atıf
Dexter, Franklin	13	555
Epstein, Richard H.	11	487
Van Bogaert, Peter	8	478
Sermeus, Walter	6	364
Griffiths, Austin	5	122
Morin, Alexandre J. S.	5	137
Roche, Michael	5	122
Royse, David	5	122
Zarei, Ehsan	5	9

Yayın sayısı ile atıf etkisinin yazar düzeyinde de farklılaşabildiği görülmektedir. Örneğin Peter Griffiths veri setinde dört yayınla temsil edilmesine rağmen söz konusu yayınlar toplam 1.182 atıf almıştır. Bu nedenle yazarların alandaki konumlarının yalnızca yayın sayısı üzerinden değerlendirilmesi yerine bilimsel üretkenlik ve atıf etkisinin ayrı göstergeler olarak ele alınması daha anlamlıdır.

4.4.2. Yazarlar Arası Bilimsel İş Birliği

Ortak yazarlık analizinde veri setindeki toplam 6.497 yazar arasından en az üç yayına sahip 67 yazar eşik değerini karşılamıştır. Bununla birlikte söz konusu 67 yazarın tamamının birbirleriyle bağlantılı olmadığı görülmüştür. VOSviewer tarafından belirlenen en büyük bağlantılı bileşen sekiz yazardan oluşmaktadır.

Şekil 4. Yazarlar Arası Bilimsel İş Birliği Ağı



En büyük bağlantılı bileşende Peter Van Bogaert, Sean Clarke, Christine Duffield, Erik Franck, Mieke Mondelaers, Michael Roche, Stijn Slootmans ve Riet Willems yer almaktadır. Bu ağ içerisinde Van Bogaert sekiz yayın ve 16 toplam bağlantı gücü (total link strength) ile dikkat çekerken, Clarke altı farklı bağlantıyla ağda geniş bir ortak yazarlık ilişkisine sahiptir. En büyük

bağlantılı bileşenin yalnızca sekiz araştırmacıdan oluşması, eşik değerini karşılayan üretken araştırmacılar arasındaki ortak yazarlık yapısının görece parçalı olduğunu göstermektedir.

4.5. En Çok Atıf Alan Çalışmalar

Araştırma alanının bilimsel gelişiminde etkili olan yayınları belirlemek amacıyla veri setindeki çalışmalar toplam WoS atıf sayılarına göre sıralanmıştır. En fazla atıf alan çalışma Dall'Ora, Ball, Reinius ve Griffiths'in (2020) *Burnout in nursing: A theoretical review* başlıklı çalışmasıdır. Çalışma 831 atıfla veri setinin en yüksek atıf değerine sahip yayınıdır. Bunu McVicar'ın (2003) *Workplace stress in nursing: A literature review* başlıklı çalışması 645 ve Jones, Hamilton ve Murry'nin (2015) *Unfinished nursing care, missed care, and implicitly rationed care: State of the science review* başlıklı çalışması 577 atıfla izlemektedir.

Tablo 3. En Çok Atıf Alan İlk 10 Çalışma

Sıra	Yazar(lar)	Yıl	Makale	Dergi	Atıf
1	Dall'Ora, C.; Ball, J.; Reinius, M.; Griffiths, P.	2020	*Burnout in nursing: a theoretical review*	Human Resources for Health	**831**
2	McVicar, A.	2003	*Workplace stress in nursing: a literature review*	Journal of Advanced Nursing	**645**
3	Jones, T. L.; Hamilton, P.; Murry, N.	2015	*Unfinished nursing care, missed care, and implicitly rationed care: State of the science review*	International Journal of Nursing Studies	**577**
4	Moore, J. E.	2000	*One road to turnover: An examination of work exhaustion in technology professionals*	MIS Quarterly	**526**
5	Webster, J. R.; Beehr, T. A.; Love, K.	2011	*Extending the challenge-hindrance model of occupational stress: The role of appraisal*	Journal of Vocational Behavior	**508**
6	Toropova, A.; Myrberg, E.; Johansson, S.	2021	*Teacher job satisfaction: the importance of school working conditions and teacher characteristics*	Educational Review	**474**
7	Ahuja, M. K.; McKnight, D. H.; Chudoba, K. M.; George, J. F.; Kacmar, C. J.	2007	*IT road warriors: Balancing work-family conflict, job autonomy, and work overload to mitigate turnover intentions*	MIS Quarterly	**425**
8	Maertz, C. P. Jr.; Griffeth, R. W.; Campbell, N. S.; Allen, D. G.	2007	*The effects of perceived organizational support and perceived supervisor support on employee turnover*	Journal of Organizational Behavior	**397**
9	Granja, C.; Janssen, W.; Johansen, M. A.	2018	*Factors Determining the Success and Failure of eHealth Interventions: Systematic Review of the Literature*	Journal of Medical Internet Research	**392**
10	McFadden, P.; Campbell, A.; Taylor, B.	2015	*Resilience and Burnout in Child Protection Social Work: Individual and Organisational Themes from a Systematic Literature Review*	British Journal of Social Work	**378**

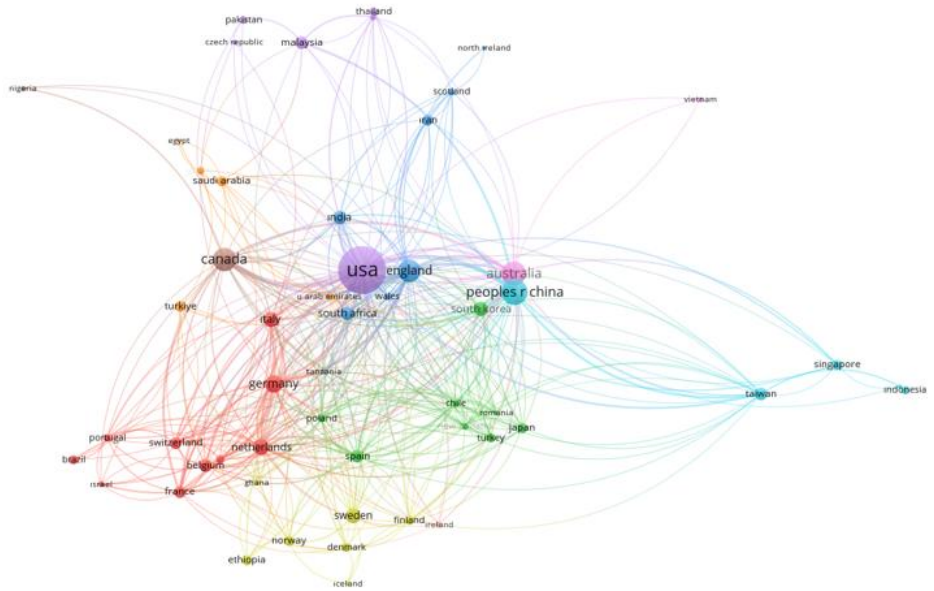
Moore'un (2000) teknoloji profesyonellerindeki iş tükenmişliği ve işten ayrılmayı ele alan çalışması 526 atıfla, Webster, Beehr ve Love'ın (2011) mesleki stres üzerine çalışması ise 508 atıfla öne çıkmaktadır. Ahuja ve diğerlerinin (2007) iş-aile çatışması, iş özerkliği ve aşırı iş

yükünün işten ayrılma niyeti üzerindeki rolünü inceleyen çalışmasının da 425 atıf aldığı belirlenmiştir.

4.6. Ülkeler Arası Bilimsel İş Birliği

Ülkeler arası ortak yazarlık ağının belirlenmesinde minimum yayın sayısı beş olarak belirlenmiş ve standardizasyon işlemlerinden sonra 53 ülke analiz kapsamına alınmıştır. Bulgular, Amerika Birleşik Devletleri'nin 469 yayın, 17.344 atıf ve 199 toplam bağlantı gücüyle ağdaki en belirgin ülke olduğunu göstermektedir. Çin 144, Avustralya 124, Kanada 115 ve İngiltere 107 yayınla yüksek bilimsel üretime sahip diğer ülkelerdir.

Şekil 5. Ülkeler Arası Bilimsel İş Birliği Ağı



İngiltere'nin toplam bağlantı gücü 129, Kanada'nın 99, Çin'in 92 ve Avustralya'nın 84 olarak belirlenmiştir. Türkiye ise 44 yayın, 795 atıf ve 34 toplam bağlantı gücüyle eşik değerini karşılayan ülkeler arasında yer almaktadır. Yayın sayısı bakımından Türkiye 53 ülke içerisinde sekizinci sıradadır. Ağ analizi Türkiye'nin Suudi Arabistan, Ürdün, Mısır ve Birleşik Arap Emirlikleri ile aynı iş birliği kümesinde bulunduğunu göstermektedir.

VOSviewer tarafından belirlenen kümeler tematik gruplar olarak değil, ortak yazarlık ilişkilerinin yoğunluğuna göre oluşan bilimsel iş birliği toplulukları olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla ülke kümelerinin yorumlanmasında coğrafi veya tematik benzerliklerden ziyade ortak yayın bağlantıları esas alınmıştır.

4.7. Anahtar Kelime Eş-Oluşum Analizi ve Tematik Yapı

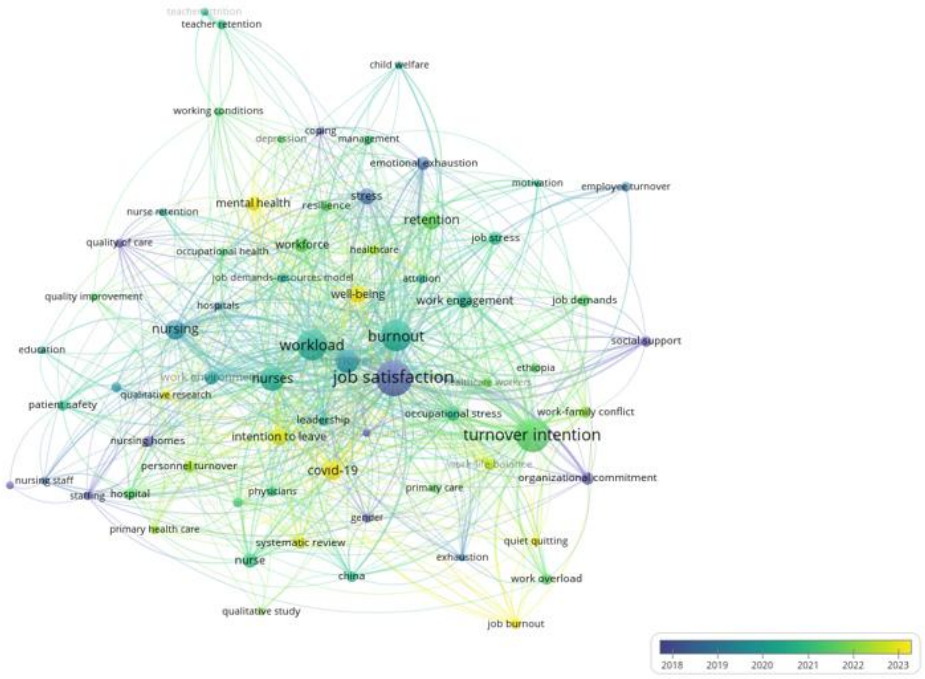
Araştırma alanının kavramsal yapısını ortaya koymak amacıyla yazar anahtar kelimeleri üzerinde eş-oluşum analizi gerçekleştirilmiştir. Minimum görülme sıklığının 10 olarak

belirlenmesi ve thesaurus aracılığıyla gerçekleştirilen standardizasyon işlemlerinin ardından 69 anahtar kelime analiz kapsamına alınmıştır. Ağ analizi sonucunda anahtar kelimelerin yedi farklı kümede toplandığı belirlenmiştir.

4.7.1. Anahtar Kelime Eş-Oluşum Ağı

Anahtar kelimelerin görülme sıklıkları incelendiğinde job satisfaction 200 görülme ile araştırma alanındaki en sık kullanılan kavramdır. Bunu turnover intention (178), burnout (157), workload (146), nurses (90), turnover (88), nursing (62), retention (53), intention to leave (46), well-being (46), stress (42), work engagement (37) ve workforce (37) izlemektedir.

Şekil 6. Anahtar Kelime Eş-Oluşum Ağı



Bağlantı gücü bakımından *job satisfaction* 354 toplam bağlantı gücüyle ağın en güçlü kavramı olarak belirlenmiştir. *Burnout* 284, *turnover intention* 279 ve *workload* 252 toplam bağlantı gücüne sahiptir. Bu yapı, veri setinin oluşturulmasında kullanılan iş yükü ve işten ayrılma kavramlarının yanı sıra iş tatmini ve tükenmişliğin de araştırma alanının kavramsal yapısında merkezi bir konuma sahip olduğunu göstermektedir. Benzer biçimde hemşirelerin işten ayrılma niyetine ilişkin başka bir bibliyometrik araştırmada burnout, stress, job satisfaction, work environment, organizational commitment ve mental health gibi kavramların öne çıktığı raporlanmıştır (Xu et al., 2023).

4.7.2. Tematik Kümelerin Değerlendirilmesi

Eş-oluşum ağı sonucunda belirlenen yedi küme, kümelerde yer alan anahtar kelimelerin içerikleri dikkate alınarak tematik açıdan değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda kümeler genel

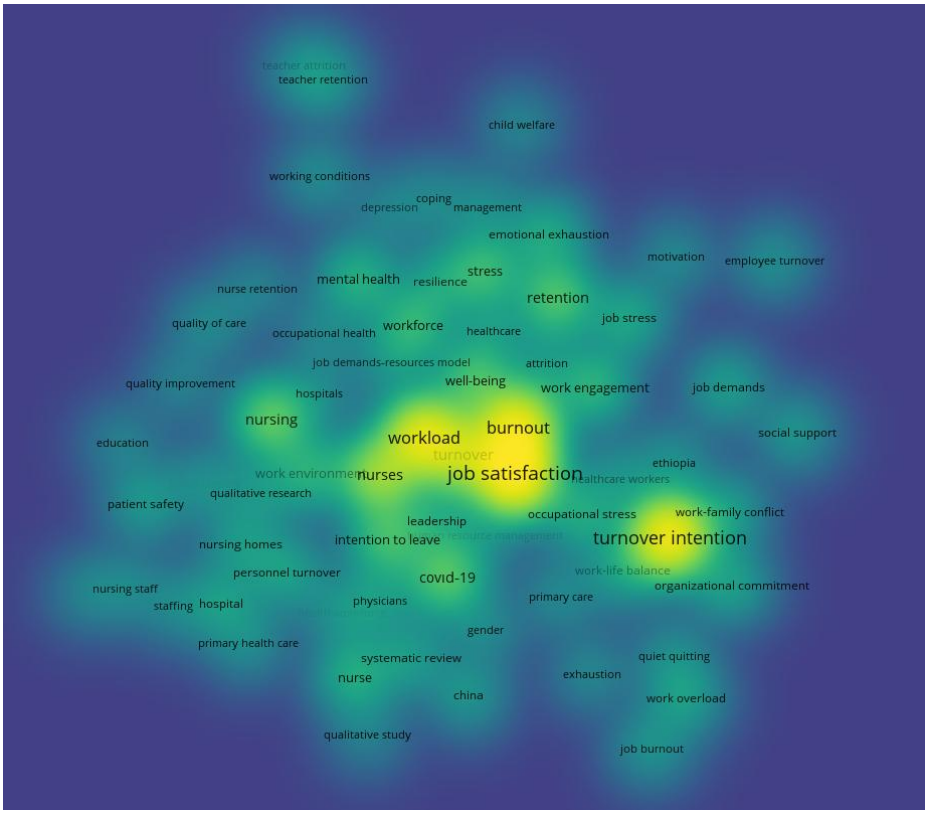
olarak (1) hemşirelik, sağlık hizmetleri ve işgücü yönetimi, (2) psikososyal çalışma koşulları ve ruh sağlığı, (3) çalışma ortamı, liderlik ve işten ayrılma eğilimi, (4) işten ayrılma niyeti ve iş talepleri, (5) iş tatmini, çalışanı elde tutma ve işgücü devri, (6) tükenmişlik ve çalışan iyi oluşu ve (7) örgütsel bağlılık temaları altında yorumlanmıştır.

Bu kümeler VOSviewer tarafından doğrudan adlandırılan kategoriler olmayıp, ağ içerisinde birlikte konumlanan anahtar kelimelerin kavramsal içerikleri dikkate alınarak araştırmacılar tarafından tanımlanmıştır. Kümelerin yapısı, iş yükü ve işten ayrılma niyeti araştırmalarının yalnızca bu iki kavram arasındaki bağlantıyla sınırlı olmadığını; iş tatmini, tükenmişlik, çalışanların elde tutulması, ruh sağlığı, liderlik, çalışma ortamı ve örgütsel bağlılık gibi farklı araştırma eksenleriyle bütünleştiğini göstermektedir.

4.7.3. Anahtar Kelimelerin Zamansal Gelişimi

Anahtar kelimelerin zaman içerisindeki gelişimini değerlendirmek amacıyla Overlay Visualization kullanılmış ve kavramların ortalama yayın yılları incelenmiştir. Bulgular, araştırma alanındaki bazı geleneksel kavramların daha erken dönemlerde yoğunlaştığını, çalışanların psikolojik sağlığı ve güncel çalışma deneyimlerine ilişkin bazı kavramların ise daha yeni dönemlerde görünürlük kazandığını göstermektedir.

Şekil 7. Anahtar Kelimelerin Zamansal Gelişimi



Bu değerler kavramların literatürde ilk kez ortaya çıktıkları yılları değil, veri setindeki yayınlarda söz konusu anahtar kelimelerin ortalama yayın yıllarını göstermektedir. Dolayısıyla Overlay haritası bir kavramın başlangıç tarihini belirlemek için değil, araştırma alanındaki göreli zamansal yönelimleri değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır.

4.8. Araştırma Temalarının Dönemsel Dönüşümü

Overlay analizinden elde edilen zamansal görünümü daha ayrıntılı değerlendirmek amacıyla yazar anahtar kelimeleri dört döneme ayrılarak ayrıca incelenmiştir. Veri setinde 1982–2009 döneminde 179, 2010–2019 döneminde 417, 2020–2023 döneminde 411 ve 2024–2026 döneminde 533 yayın bulunmaktadır.

Tablo 4. Dönemlere Göre En Sık Kullanılan Anahtar Kelimeler

Dönem	En belirgin temalar
1982–2009	job satisfaction (25), turnover (10), turnover intention (6), workload (6), burnout (5)
2010–2019	job satisfaction (66), burnout (49), workload (46), turnover intention (34), nurses (24)
2020–2023	turnover intention (63), job satisfaction (53), burnout (52), workload (31), COVID-19 (31)
2024–2026	turnover intention (75), workload (63), job satisfaction (56), burnout (51), nurses (35)

1982–2009 döneminde *job satisfaction* 25 yayınla en sık kullanılan anahtar kelime olarak belirlenmiştir. Bunu *turnover* (10), *turnover intention* (6), *workload* (6), *burnout* (5) ve *nurses* (5) izlemektedir. Bu dönemde *work exhaustion, organizational commitment, nursing homes* ve *job turnover* da öne çıkan kavramlar arasındadır.

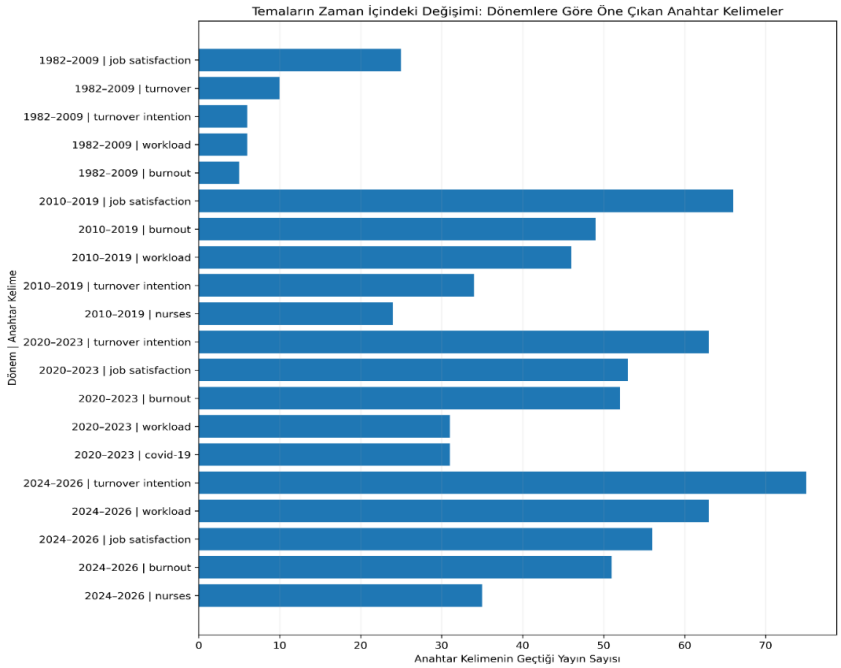
2010–2019 döneminde *job satisfaction* 66 görülme ile ilk sıradaki konumunu korurken *burnout* 49, *workload* 46 ve *turnover intention* 34 görülmeye ulaşmıştır. Ayrıca *work engagement, retention* ve *stress* gibi kavramların ilk on anahtar kelime içerisinde yer aldığı görülmektedir.

2020–2023 döneminde kavramsal ağırlık merkezinde belirgin bir değişim gözlenmiş ve *turnover intention* 63 görülme ile ilk sıraya yükselmiştir. *Job satisfaction* 53, *burnout* 52 ve *workload* 31 görülmeyle önemini sürdürürken *COVID-19* 31 ve *mental health* 17 görülmeyle dönemin öne çıkan kavramları arasında yer almıştır. COVID-19 ve ruh sağlığına ilişkin kavramların bu dönemde görünürlük kazanması, çalışma yaşamının pandemi sonrasında değişen sorun alanlarının araştırma gündemine yansımasıyla uyumludur.

2024–2026 döneminde *turnover intention* 75 görülmeyle ilk sıradaki yerini korurken *workload* 63 görülmeyle ikinci sıraya yükselmiştir. Bu kavramları *job satisfaction* (56), *burnout* (51), *nurses* (35), *turnover* (32), *retention* (28), *COVID-19* (27), *well-being* (26) ve *intention to leave* (26) takip etmektedir. Özellikle *well-being* kavramının son dönemde ilk on anahtar kelime

arasına girmesi, araştırma gündeminin çalışanların işten ayrılma davranışlarının yanı sıra daha geniş çalışan iyi oluşu perspektifine doğru genişlediğine işaret etmektedir.

Şekil 8. Araştırma Temalarının Zaman İçindeki Değişimi



Dönemsel bulgular bütüncül olarak değerlendirildiğinde araştırma alanının *job satisfaction* ağırlıklı erken dönem yapısından, *burnout* ve *workload* kavramlarının güçlendiği bir yapıya; ardından *turnover intention*'ın daha merkezi hâle geldiği ve *mental health*, *well-being* gibi çalışanların psikolojik deneyimlerini temsil eden kavramların görünürlük kazandığı daha geniş bir araştırma gündemine doğru geliştiği görülmektedir. Bununla birlikte bu değişim, bir temanın diğerinin yerini tamamen aldığı doğrusal bir süreç olarak değerlendirilmemelidir. Nitekim *job satisfaction*, *burnout*, *workload* ve *turnover intention* farklı dönemlerde sürekli biçimde yüksek görünürlüğe sahip temel kavramlar olarak varlıklarını sürdürmektedir. Ayrıca dönemlerin süreleri ve toplam yayın sayıları farklı olduğundan ham frekanslardaki artışlar doğrudan temaların büyüme oranı şeklinde yorumlanmamıştır. Bulgular daha çok araştırma gündemindeki ağırlık merkezlerinin ve kavramsal çeşitliliğin zaman içerisindeki değişimini ortaya koymaktadır.

5. TARTIŞMA

Bu araştırmada elde edilen bulgular, iş yükü ve işten ayrılma niyeti eksenindeki literatürün zaman içerisinde yalnızca niceliksel olarak genişlemediğini, aynı zamanda kavramsal açıdan çeşitlenerek çalışanların örgütsel tutumlarından psikolojik iyi oluşlarına uzanan daha geniş bir araştırma alanına dönüştüğünü göstermektedir. Bulguların ortaya koyduğu genel yapı; iş tatmini, iş yükü, tükenmişlik ve işten ayrılma niyetinin alanın süreklilik gösteren kavramsal

çekirdeğini oluşturduğuna, buna karşılık ruh sağlığı, iyi oluş, iş-yaşam dengesi ve sessiz istifa gibi kavramların daha yakın dönemde araştırma gündeminde görünürlük kazandığına işaret etmektedir. Bu dönüşüm, çalışma yaşamındaki değişimlerin yanı sıra araştırmacıların çalışan davranışlarını açıklamada benimsedikleri perspektifin genişlemesiyle birlikte değerlendirilebilir.

Araştırmada sağlık ve özellikle hemşirelik alanının gerek kaynak dergiler gerek anahtar kelimeler gerekse yüksek atıf alan çalışmalar açısından belirgin bir ağırlığa sahip olması dikkat çekmektedir. Bu durumun temel nedenlerinden biri, sağlık hizmetlerinde insan kaynağının hizmet sürekliliğinin ve bakım kalitesinin doğrudan belirleyicilerinden biri olmasıdır. Hemşirelik mesleği; yoğun çalışma temposu, vardiyalı çalışma, zaman baskısı, personel yetersizliği, yüksek duygusal talepler ve hasta bakım sorumluluğunun bir arada bulunabildiği bir çalışma ortamına sahiptir. Bu özellikler, iş yükü ve çalışanların örgütte kalma eğilimlerini sağlık hizmetleri açısından kritik araştırma konuları hâline getirmektedir. Hayes ve diğerleri (2006), hemşire devrine ilişkin literatürü değerlendirdikleri çalışmalarında çalışan devrinin tek bir nedene indirgenemeyeceğini; iş tatmini, stres, tükenmişlik, örgütsel faktörler ve çalışma koşulları gibi çok sayıda unsurun sürece dâhil olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde Saber (2014), 1980–2009 dönemindeki hemşirelik çalışmalarını kapsayan meta-analizinde iş tatmininin çalışanların elde tutulması, örgütsel bağlılık ve çeşitli çalışma koşullarıyla yakından ilişkili olduğunu göstermiştir.

Araştırmanın dönemsel bulgularında *job satisfaction* kavramının özellikle erken dönemlerde merkezi bir konumda bulunması da çalışan devri literatürünün tarihsel gelişimiyle uyumludur. İş tatmini uzun süredir çalışanların örgütte kalma veya örgütten ayrılma kararlarını açıklamada temel örgütsel tutumlardan biri olarak değerlendirilmektedir. Blegen'in (1993) hemşireler üzerinde gerçekleştirilen 48 çalışmayı ve 15.048 katılımcıyı kapsayan meta-analizinde iş tatmininin stres ve örgütsel bağlılıkla güçlü ilişkiler gösterdiği belirlenmiştir. Tett ve Meyer (1993) ise iş tatmini, örgütsel bağlılık, işten ayrılma niyeti ve fiilî işten ayrılma arasındaki ilişkileri meta-analitik olarak inceleyerek işten ayrılma niyetinin çalışan tutumları ile ayrılma davranışı arasındaki süreçte önemli bir konumda bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu çerçevede erken dönem literatüründe iş tatmininin güçlü görünürlüğü, çalışanların örgütte kalma veya ayrılma davranışlarını açıklama çabalarının başlangıçta büyük ölçüde genel iş tutumları üzerinden şekillenmiş olmasıyla ilişkilendirilebilir.

Buna karşılık araştırmamızda *turnover intention* kavramının özellikle daha yakın dönemlerde giderek daha merkezi hâle gelmesi, literatürün çalışanların genel iş değerlendirmelerinden

ayrılmaya yönelik daha spesifik bilişsel ve davranışsal eğilimlere doğru genişlediğine işaret etmektedir. İşten ayrılma niyeti, fiilî ayrılmanın gerçekleşmesini beklemeden çalışanın örgütten uzaklaşma eğiliminin incelenmesine olanak vermesi bakımından örgütler açısından önemli bir erken gösterge niteliğindedir. Bu nedenle araştırma gündeminin yalnızca "çalışan işinden ne ölçüde memnun?" sorusundan "çalışan neden örgütten ayrılmayı düşünüyor?" sorusuna doğru genişlediği söylenebilir. Bununla birlikte bu değişim, iş tatmininin önemini kaybettiği anlamına gelmemektedir. Araştırmanın eş-oluşum ve dönemsel analizlerinde iş tatmininin farklı dönemlerde yüksek görünürlüğünü koruması, kavramın işten ayrılma araştırmalarındaki temel konumunun devam ettiğini göstermektedir.

İş yükü ve tükenmişliğin araştırma dönemleri boyunca kalıcı biçimde öne çıkması ise İş Talepleri-Kaynaklar (JD-R) modelinin öngörüleriyle uyumludur. Demerouti, Bakker, Nachreiner ve Schaufeli'ye (2001) göre yüksek iş talepleri çalışanların fiziksel ve psikolojik kaynaklarını tüketerek özellikle tükenmenin ortaya çıkmasına katkıda bulunabilmektedir. Bakker ve Demerouti (2007) de iş taleplerinin çalışanlar üzerinde sürekli fiziksel veya psikolojik çaba gerektirmesi durumunda belirli maliyetler oluşturabileceğini vurgulamaktadır. Alarcon'un (2011) meta-analizi de yüksek iş talepleri ile tükenmişlik arasında anlamlı bağlantılar bulunduğunu göstermektedir. Dolayısıyla araştırmamızda *workload* ve *burnout* kavramlarının farklı dönemlerde sürekli olarak merkezi temalar arasında yer alması, geçici bir araştırma eğiliminden çok çalışma yaşamının temel sorunlarından birini yansıtan süreklilik gösteren bir araştırma hattına işaret etmektedir.

Bu kavramsal yapının COVID-19 pandemisiyle birlikte yeni bir boyut kazandığı görülmektedir. Pandemi, özellikle sağlık çalışanları açısından iş yükü, çalışma saatleri, enfeksiyon riski, belirsizlik ve duygusal taleplerin aynı anda yoğunlaştığı olağanüstü bir çalışma ortamı oluşturmuştur. Sağlık çalışanlarının pandemi dönemindeki ruh sağlığına yönelik sistematik derleme ve meta-analizler, anksiyete, depresyon, stres, uykusuzluk, travma sonrası stres belirtileri ve tükenmişliğin yaygın sorunlar hâline geldiğini göstermektedir. Örneğin Dragioti ve diğerleri (2022), 239 çalışma ve 271.319 sağlık çalışanını kapsayan meta-analizlerinde COVID-19'a maruz kalan sağlık çalışanlarında depresif belirtiler, anksiyete, akut stres, travma sonrası belirtiler, uykusuzluk ve tükenmişliğin önemli düzeylerde görüldüğünü raporlamıştır. Benzer şekilde Zhu ve diğerlerinin (2023) 250 çalışma ve 292.230 katılımcıyı kapsayan meta-analizi de pandemi döneminde sağlık çalışanları arasında tükenmişlik, anksiyete, depresyon, uykusuzluk ve stresin yaygınlığını ortaya koymuştur.

Bu gelişmeler, araştırmamızdaki Overlay Visualization sonuçlarında *mental health, well-being* ve *COVID-19* gibi kavramların daha güncel ortalama yayın yıllarına sahip olmasını açıklayan önemli bir bağlam sunmaktadır. Pandemi çalışanların yalnızca işlerinden memnun olup olmadıklarının veya işten ayrılmayı düşünüp düşünmediklerinin değil, çalışma koşullarının psikolojik sağlıkları ve genel iyi oluşları üzerindeki etkilerinin de daha yoğun biçimde sorgulanmasına yol açmıştır. Nitekim Çivilidağ, Durmaz ve Uslu'nun (2024) 54 çalışma ve 49.139 sağlık çalışanını kapsayan meta-analizi, iş stresinin tükenmişlikle pozitif, iş tatminiyle ise negatif ilişkili olduğunu; pandemi dönemindeki yoğun çalışma temposu ve çalışma koşullarının bu ilişkilerin anlaşılması açısından önem taşıdığını göstermektedir. Dolayısıyla *mental health* ve *well-being* kavramlarının güncel literatürde görünürlüğünün artması, iş yükü ve işten ayrılma niyeti araştırmalarının psikolojik sağlık perspektifini daha fazla içerecek biçimde genişlemesi olarak değerlendirilebilir.

Pandemi döneminin işten ayrılma niyeti açısından da önemli sonuçlar doğurduğu görülmektedir. Ulupınar ve Erden'in (2024) hemşirelerin pandemi dönemindeki işten ayrılma niyetlerini inceleyen sistematik derleme ve meta-analizi, COVID-19 sürecinde değişen çalışma koşulları, artan iş yükü ve stresin hemşirelerin ayrılma niyetleri açısından önem taşıdığını göstermektedir. Bu bulgu, araştırmamızda 2020 sonrasında *turnover intention* kavramının daha belirgin bir konuma gelmesiyle uyumludur. Başka bir ifadeyle pandemi, daha önce mevcut olan iş yükü, tükenmişlik ve çalışan devri sorunlarını ortadan kaldırmamış; aksine bu sorunların çalışanların ruh sağlığı ve örgütte kalma kararlarıyla birlikte daha bütüncül biçimde araştırılmasına zemin hazırlamıştır.

Araştırmanın en güncel döneminde *quiet quitting* kavramının görünür hâle gelmesi de bu genişlemenin devam ettiğine işaret etmektedir. Sessiz istifa, çalışanların örgütten fiilen ayrılmasından farklı olarak, iş rollerini asgari gereklilikler çerçevesinde sürdürmeleri ve işlerine yönelik ek çabalarını sınırlandırmaları bağlamında tartışılan güncel bir kavramdır. Galanis ve diğerlerinin (2025) hemşireler üzerinde gerçekleştirdiği araştırmada daha yüksek iş yükünün daha yüksek sessiz istifa, işten ayrılma niyeti ve tükenmişlik düzeyleriyle ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, araştırmamızda *quiet quitting* kavramının en güncel ortalama yayın yılına sahip anahtar kelimelerden biri olmasını destekleyen güncel bir literatür örneğidir. Bununla birlikte kavramın görece yeni olması nedeniyle sessiz istifanın araştırma alanında kalıcı bir tema olup olmayacağının gelecekteki çalışmalarla değerlendirilmesi gerekmektedir.

Genel olarak araştırma bulguları, iş yükü ve işten ayrılma niyeti literatürünün doğrusal biçimde bir temadan diğerine geçen bir yapı sergilemediğini; bunun yerine tarihsel olarak oluşan temel

araştırma eksenlerinin üzerine yeni kavramların eklendiği katmanlı bir gelişim gösterdiğini düşündürmektedir. Erken dönemlerde belirginleşen iş tatmini ve örgütsel bağlılık araştırmaları önemini korurken, iş yükü ve tükenmişlik farklı dönemlerde süreklilik gösteren temalar olmuş; işten ayrılma niyeti giderek daha görünür hâle gelmiş ve özellikle pandemi sonrasında ruh sağlığı, iyi oluş ve daha yakın dönemde sessiz istifa gibi kavramlar araştırma gündemine eklenmiştir. Dolayısıyla alanın gelişimini "iş tatmini → iş yükü/tükenmişlik → işten ayrılma niyeti → ruh sağlığı/iyi oluş" biçiminde kavramsal bir yönelim olarak özetlemek mümkün olmakla birlikte, bu yapı temaların birbirinin yerini aldığı mutlak bir dönüşüm olarak değil, araştırma gündeminin genişlemesi ve ağırlık merkezlerinin zaman içerisinde değişmesi olarak değerlendirilmelidir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, iş yükü ve işten ayrılma niyeti ekseninde gelişen bilimsel literatürün temel eğilimlerini, bilimsel yapısını, iş birliği örüntülerini ve tematik dönüşümünü bütüncül bir yaklaşımla ortaya koymayı amaçlamıştır. Web of Science Core Collection veri tabanından elde edilen 1.540 yayın üzerinden gerçekleştirilen analizler, araştırma alanının özellikle son yıllarda belirgin biçimde genişlediğini ve farklı disiplinleri, araştırma aktörlerini ve kavramsal temaları içeren çok boyutlu bir yapıya ulaştığını göstermiştir. Performans göstergeleri ile bilimsel haritalama analizlerinin birlikte kullanılması, alanın yalnızca yayın ve atıf bakımından öne çıkan aktörlerinin belirlenmesini değil, aynı zamanda araştırmaların hangi kavramlar etrafında şekillendiğinin ve bu kavramsal yapının zaman içerisinde nasıl değiştiğinin değerlendirilmesini sağlamıştır.

Araştırmadan elde edilen temel sonuçlar birkaç noktada özetlenebilir. İlk olarak, iş yükü ve işten ayrılma niyeti eksenindeki bilimsel üretimin özellikle 2020 sonrasında belirgin biçimde hızlandığı ve araştırma alanının güncelliğini koruduğu görülmüştür. İkinci olarak, kaynak dergiler, kurumlar, yüksek atıf alan yayınlar ve anahtar kelimeler birlikte değerlendirildiğinde sağlık hizmetleri ve özellikle hemşirelik literatürünün araştırma alanında önemli bir ağırlığa sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte araştırma alanı sağlık sektörüyle sınırlı olmayıp bilgi teknolojileri, örgütsel davranış, insan kaynakları yönetimi ve farklı çalışma ortamlarına uzanan disiplinler arası bir görünüm sergilemektedir. Üçüncü olarak, ülke ve yazar ortaklığı analizleri bilimsel üretimin uluslararası bir nitelik kazandığını, ancak özellikle yazarlar arasındaki iş birliği ağının görece parçalı bir yapı sergilediğini göstermiştir. Bu durum, araştırma alanında üretken araştırmacıların bulunmasına rağmen daha geniş ve bütünleşik araştırma ağlarının geliştirilmesi için potansiyel bulunduğuna işaret etmektedir.

Çalışmanın en dikkat çekici sonuçlarından biri, iş yükü ve işten ayrılma niyeti literatürünün kavramsal çekirdeğinin ortaya konulmasıdır. Anahtar kelime eş-oluşum analizi, iş tatmini, işten ayrılma niyeti, tükenmişlik ve iş yükünün alanın merkezi kavramları olduğunu göstermiş; bunların çevresinde stres, çalışanların elde tutulması, örgütsel bağlılık, çalışma ortamı, liderlik, işgücü, ruh sağlığı ve iyi oluş gibi farklı temaların şekillendiği belirlenmiştir. Bu yapı, iş yükü ve işten ayrılma niyeti arasındaki araştırma alanının iki değişken arasındaki basit ve doğrudan bir ilişkiye indirgenemeyeceğini; çalışanların tutumları, psikolojik deneyimleri ve örgütsel çalışma koşullarıyla bütünleşen daha geniş bir araştırma ekosisteminin söz konusu olduğunu ortaya koymaktadır.

Araştırmanın dönemsel analizi ise bu kavramsal yapının durağan olmadığını göstermiştir. Erken dönem araştırmalarında iş tatmini daha belirgin bir konumdayken, sonraki dönemlerde iş yükü ve tükenmişlik temalarının güçlendiği, işten ayrılma niyetinin giderek daha merkezi bir araştırma konusu hâline geldiği ve özellikle son yıllarda ruh sağlığı, iyi oluş, iş-yaşam dengesi ve sessiz istifa gibi kavramların araştırma gündeminde görünürlük kazandığı belirlenmiştir. Bununla birlikte bu değişim, önceki araştırma temalarının önemini kaybederek yeni temalarla yer değiştirdiği doğrusal bir süreç şeklinde değerlendirilmemelidir. Bulgular, daha çok araştırma alanının mevcut kavramsal çekirdeğini korurken yeni çalışma yaşamı sorunlarını bünyesine dâhil ederek genişlediğini göstermektedir. Dolayısıyla iş tatmini, iş yükü, tükenmişlik ve işten ayrılma niyeti süreklilik gösteren temel kavramlar olarak varlığını sürdürürken, çalışanların psikolojik sağlığına ve daha geniş iyi oluş deneyimlerine ilişkin kavramların bu çekirdeğe eklemlendiği söylenebilir.

Çalışmanın literatüre yönelik temel katkılarından biri, iş yükü ve işten ayrılma niyetini birlikte içeren geniş bir yayın kümesini yalnızca performans göstergeleri açısından değil, bilimsel ve kavramsal yapı ile zamansal değişim açısından birlikte değerlendirmesidir. Bibliyometrik yöntemler geniş bilimsel literatürün yapısının sistematik biçimde değerlendirilmesine ve araştırma alanlarındaki ilişkilerin görünür hâle getirilmesine olanak sağlamaktadır (Zupic & Čater, 2015). Benzer biçimde VOSviewer, bibliyometrik ağların oluşturulması ve özellikle geniş bilimsel ağların görsel olarak incelenmesi amacıyla geliştirilmiştir (van Eck & Waltman, 2010). Bu çalışmada performans analizi, ortak yazarlık ve anahtar kelime eş-oluşum ağlarının yanı sıra Overlay Visualization ve dönemsel anahtar kelime analizinin birlikte kullanılması, araştırma alanının hem mevcut yapısının hem de zaman içerisindeki dönüşümünün değerlendirilmesine imkân sağlamıştır. Bu yönüyle çalışma, yalnızca “kim, nerede ve ne kadar

yayın yapmıştır?" sorularına değil, "araştırma alanının kavramsal ağırlık merkezleri nelerdir ve bunlar zaman içerisinde nasıl değişmiştir?" sorusuna da yanıt vermektedir.

Elde edilen sonuçların uygulamaya yönelik birtakım çıkarımları da bulunmaktadır. İş yükü, tükenmişlik, iş tatmini ve işten ayrılma niyetinin araştırma alanında sürekli biçimde merkezi kavramlar olarak ortaya çıkması, insan kaynakları yöneticilerinin çalışanların örgütte kalmasını yalnızca ücret, terfi veya personel seçimi gibi geleneksel insan kaynakları uygulamaları üzerinden değerlendirmemeleri gerektiğine işaret etmektedir. İş yükünün dengeli dağıtılması, yeterli personel planlamasının yapılması, çalışanların işlerini yerine getirebilmeleri için gerekli örgütsel kaynakların sağlanması, yönetici ve çalışma arkadaşı desteğinin güçlendirilmesi ve çalışanların tükenmişlik belirtilerinin erken aşamada izlenmesi çalışanların sürdürülebilir biçimde örgütte tutulmasına katkıda bulunabilecek uygulamalar arasındadır. Özellikle sağlık kurumlarında vardiya düzenlemeleri, personel yetersizliği, yoğun çalışma temposu ve duygusal iş talepleri birlikte değerlendirilmelidir. Bunun yanında ruh sağlığı ve iyi oluş kavramlarının güncel araştırma gündeminde daha görünür hâle gelmesi, insan kaynakları politikalarının yalnızca çalışan devrini azaltmaya değil, çalışanların psikolojik iyi oluşlarını destekleyen çalışma ortamlarının oluşturulmasına da odaklanması gerektiğini düşündürmektedir.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. İlk olarak araştırmanın veri seti yalnızca Web of Science Core Collection'dan elde edilen yayınlardan oluşmaktadır. Bibliyografik veri tabanlarının dergi ve yayın kapsamları birbirinden farklı olduğundan tek bir veri tabanının kullanılması ilgili alandaki tüm bilimsel üretimin temsil edildiği anlamına gelmemektedir. Nitekim bibliyometrik yöntem literatüründe veri tabanı kapsamının analiz sonuçlarını etkileyebileceği ve bazı bilimsel çalışmaların kullanılan indekslerin dışında kalabileceği belirtilmektedir (Zupic & Čater, 2015). Gelecek araştırmalarda Scopus gibi farklı bibliyografik veri tabanlarından elde edilen verilerle karşılaştırmalı analizler gerçekleştirilmesi, alanın daha geniş bir görünümünün elde edilmesine katkıda bulunabilir.

İkinci olarak, veri setinin kapsamı araştırmada kullanılan ("workload" OR "heavy workload") AND ("turnover" OR "intention to leave" OR "turnover intention") arama stratejisiyle sınırlıdır. Arama terimlerinin kapsamının değiştirilmesi veya farklı eş anlamlı ifadelerin kullanılması farklı yayın kümelerine ulaşılmasına neden olabilir. Ayrıca bir yayının söz konusu arama sorgusunu karşılaması, o çalışmanın mutlaka iş yükünün işten ayrılma niyeti üzerindeki nedensel etkisini test ettiği anlamına gelmemektedir. Bu nedenle mevcut çalışma iki kavramın kesişimindeki bilimsel literatürün yapısını ortaya koymakta; bireysel çalışmaların nedensel bulguları hakkında genel bir etki tahmini sunmamaktadır.

Üçüncü olarak, yayın ve atıf sayıları bibliyometrik araştırmalarda önemli göstergeler olmakla birlikte bilimsel kaliteyle doğrudan eş anlamlı değildir. Atıf göstergelerinin yorumlanması; yayınların yaşı, araştırma alanlarının farklı atıf davranışları, kullanılan veri tabanı ve normalizasyon yaklaşımı gibi çeşitli faktörlerden etkilenebilmektedir (Waltman, 2016). Özellikle daha eski yayınların atıf biriktirmek için daha uzun süreye sahip olması, yeni çalışmaların toplam atıf sayılarının görece düşük görünmesine yol açmaktadır. Bu nedenle mevcut çalışmada toplam atıf değerleri bilimsel etkinin mutlak bir ölçütü olarak değil, yayınların akademik görünürlüğünü değerlendirmeye yardımcı olan göstergelerden biri olarak ele alınmıştır.

Son olarak, 2026 yılı araştırmanın veri toplama tarihinde henüz tamamlanmadığından bu yıla ait yayın sayısının önceki tam yıllarla doğrudan karşılaştırılması yanıltıcı olabilir. Benzer şekilde son yıllarda yayımlanan çalışmaların atıf biriktirme sürelerinin kısa olması da güncel araştırmaların bilimsel etkisinin henüz tam olarak gözlenemediği anlamına gelmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmaların veri setini belirli aralıklarla güncellemesi, Scopus gibi farklı veri tabanlarını karşılaştırması, anahtar kelime analizlerini başlık ve özet temelli metin madenciliği yöntemleriyle genişletmesi ve farklı meslek grupları veya sektörleri ayrı ayrı incelemesi yararlı olacaktır. Ayrıca sağlık sektöründeki belirgin yoğunluk dikkate alınarak gelecekte bilgi teknolojileri, eğitim, konaklama, üretim ve diğer hizmet sektörlerinin karşılaştırılması; iş yükü ve işten ayrılma niyeti arasındaki araştırma yapısının sektörel farklılıklarının ortaya çıkarılmasına katkı sağlayabilir. Böylelikle mevcut çalışmanın ortaya koyduğu bilimsel ve tematik harita, gelecekteki araştırmalar için hem bir başlangıç noktası hem de yeni araştırma sorularının geliştirilmesine yönelik sistematik bir çerçeve sunabilir.

KAYNAKÇA

Ahuja, M. K., Chudoba, K. M., Kacmar, C. J., McKnight, D. H., & George, J. F. (2007). IT road warriors: Balancing work-family conflict, job autonomy, and work overload to mitigate turnover intentions. *MIS Quarterly, 31*(1), 1–17. https://doi.org/10.2307/25148778

Alarcon, G. M. (2011). A meta-analysis of burnout with job demands, resources, and attitudes. *Journal of Vocational Behavior, 79*(2), 549–562. https://doi.org/10.1016/j.jvb.2011.03.007

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics, 11*(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

Bakker, A. B., & Demerouti, E. (2007). The Job Demands-Resources model: State of the art. *Journal of Managerial Psychology, 22*(3), 309–328. https://doi.org/10.1108/02683940710733115

Blegen, M. A. (1993). Nurses' job satisfaction: A meta-analysis of related variables. *Nursing Research, 42*(1), 36–41.

Çivilidağ, A., Durmaz, Ş., & Uslu, B. (2024). The effect of coronavirus (COVID-19) on job satisfaction, work stress and burnout of healthcare workers: A systematic review and meta-analysis. *Iranian Journal of Public Health, 53*(7), 1482–1495. https://doi.org/10.18502/ijph.v53i7.16043

Dall'Ora, C., Ball, J., Reinius, M., & Griffiths, P. (2020). Burnout in nursing: A theoretical review. *Human Resources for Health, 18*, 41. https://doi.org/10.1186/s12960-020-00469-9

Demerouti, E., Bakker, A. B., Nachreiner, F., & Schaufeli, W. B. (2001). The job demands-resources model of burnout. *Journal of Applied Psychology, 86*(3), 499–512. https://doi.org/10.1037/0021-9010.86.3.499
Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research, 133*, 285–296. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070
Dragioti, E., Tsartsalis, D., Mentis, M., Mantzoukas, S., & Gouva, M. (2022). Impact of the COVID-19 pandemic on the mental health of hospital staff: An umbrella review of 44 meta-analyses. *International Journal of Nursing Studies, 131*, 104272. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2022.104272
Galanis, P., Katsiroumpa, A., Moisoglou, I., Vraka, I., Siskou, O., Konstantakopoulou, O., & Galanis, P., Moisoglou, I., Katsiroumpa, A., Gallos, P., Kalogeropoulou, M., Meimeti, E., & Vraka, I. (2025). Workload increases nurses' quiet quitting, turnover intention, and job burnout: evidence from Greece. *AIMS Public Health, 12*(1), 44. https://doi.org/10.3934/publichealth.2025004
Griffeth, R. W., Hom, P. W., & Gaertner, S. (2000). A meta-analysis of antecedents and correlates of employee turnover: Update, moderator tests, and research implications for the next millennium. *Journal of Management, 26*(3), 463–488. https://doi.org/10.1177/014920630002600305
Hayes, L. J., O'Brien-Pallas, L., Duffield, C., Shamian, J., Buchan, J., Hughes, F., Spence Laschinger, H. K., North, N., & Stone, P. W. (2006). Nurse turnover: A literature review. *International Journal of Nursing Studies, 43*(2), 237–263. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2005.02.007
McVicar, A. (2003). Workplace stress in nursing: A literature review. *Journal of Advanced Nursing, 44*(6), 633–642. https://doi.org/10.1046/j.0309-2402.2003.02853.x
Mobley, W. H. (1977). Intermediate linkages in the relationship between job satisfaction and employee turnover. *Journal of Applied Psychology, 62*(2), 237–240. https://doi.org/10.1037/0021-9010.62.2.237
Mobley, W. H., Horner, S. O., & Hollingsworth, A. T. (1978). An evaluation of precursors of hospital employee turnover. *Journal of Applied Psychology, 63*(4), 408–414. https://doi.org/10.1037/0021-9010.63.4.408
Moore, J. E. (2000). One road to turnover: An examination of work exhaustion in technology professionals. *MIS Quarterly, 24*(1), 141–168. https://doi.org/10.2307/3250982
Saber, D. A. (2014). Frontline registered nurse job satisfaction and predictors over three decades: A meta-analysis from 1980 to 2009. *Nursing Outlook, 62*(6), 402–414. https://doi.org/10.1016/j.outlook.2014.05.004
Shields, M. A., & Ward, M. (2001). Improving nurse retention in the National Health Service in England: The impact of job satisfaction on intentions to quit. *Journal of Health Economics, 20*(5), 677–701. https://doi.org/10.1016/S0167-6296(01)00092-3
Spector, P. E., & Jex, S. M. (1998). Development of four self-report measures of job stressors and strain: Interpersonal Conflict at Work Scale, Organizational Constraints Scale, Quantitative Workload Inventory, and Physical Symptoms Inventory. *Journal of Occupational Health Psychology, 3*(4), 356–367. https://doi.org/10.1037/1076-8998.3.4.356
Tett, R. P., & Meyer, J. P. (1993). Job satisfaction, organizational commitment, turnover intention, and turnover: Path analyses based on meta-analytic findings. *Personnel Psychology, 46*(2), 259–293. https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1993.tb00874.x
Ulupınar, F., & Erden, Y. (2024). Intention to leave among nurses during the COVID-19 outbreak: A rapid systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Nursing, 33*(1), 393–403. https://doi.org/10.1111/jocn.16588
van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics, 84*(2), 523–538. https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3
Waltman, L. (2016). A review of the literature on citation impact indicators. *Journal of Informetrics, 10*(2), 365–391. https://doi.org/10.1016/j.joi.2016.02.007
Wang, Q., Zhang, G., Yue, G., & Liu, X. (2026). Job satisfaction and burnout among emergency nurses: A bibliometric and visualized analysis. *International Emergency Nursing, 86*, 101802. https://doi.org/10.1016/j.ienj.2026.101802

Xu, G., Zeng, X., & Wu, X. (2023). Bibliometric analyses of turnover intention among nurses: Implication for research and practice in China. *Frontiers in Psychology, 14*, 1042133. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1042133
Zhu, H., Yang, X., Xie, S., & Zhou, J. (2023). Prevalence of burnout and mental health problems among medical staff during the COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open, 13*(7), e061945. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-061945
Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods, 18*(3), 429–472. https://doi.org/10.1177/1094428114562629

ÖRGÜTSEL ÇEVİKLİK LİTERATÜRÜNÜN METİN MADENCİLİĞİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Doç. Dr. Yaşar ŞAHİN
Trabzon Üniversitesi, Beşikdüzü Meslek Yüksekokulu, 61800 Beşikdüzü, Trabzon
ORCID ID: 0000-0002-5205-3054
Doç. Dr. Muhammed Akif YENİKAYA
Kafkas Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, 36000, Kars
ORCID ID: 0000-0002-3624-722X
Doç. Dr. Selen UYGUNGİL ERDOĞAN
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi, 80760 Kadirli, Osmaniye
ORCID ID: 0000-0002-7916-1709

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, DergiPark kapsamında yayımlanan örgütsel çeviklik konulu akademik çalışmaların metin madenciliği yöntemleriyle incelenerek literatürün kavramsal, tematik, dönemsel ve yöntemsel görünümünün ortaya konulmasıdır. Betimsel ve keşfedici nitelikte tasarlanan araştırmada, 16 Ağustos 2026 tarihinde DergiPark platformunda gerçekleştirilen tarama sonucunda elde edilen 63 kayıt değerlendirilmiş, bağımsız araştırma niteliği taşımayan bir düzeltme kaydının dışlanmasıyla 62 çalışma analiz kapsamına alınmıştır. Verilerin analizinde R programlama dili kullanılmış; yayınların yıllara ve dergilere göre dağılımı, kelime frekansları, n-gram analizi, yazar anahtar kelimelerinin eş-oluşum ilişkileri, dönemsel kavramsal farklılaşma ve yöntemsel göstergeler incelenmiştir. Bulgular, örgütsel çeviklik araştırmalarının özellikle 2021 sonrasında artış gösterdiğini ve incelenen çalışmaların 53 farklı dergide yayımlandığını ortaya koymuştur. Özet metinlerinde dijital, performans, liderlik, örgüt ve rekabet kavramları öne çıkarken, tematik kavram öbekleri analizinde dijital dönüşüm, Endüstri 4.0, rekabet avantajı, yapısal sermaye ve örgüt kültürü belirginleşmiştir. Dönemsel analiz sonuçları, erken dönemde bilgi yönetimi, izleyen dönemde işletme performansı ve insan kaynakları yönetimi, 2024–2026 döneminde ise dijital dönüşüm ve dijital liderlik temalarının daha görünür olduğunu göstermiştir. Yöntemsel profil incelemesinde çalışmaların %50'sinin özetinde anket kullanımına ilişkin ifadeler belirlenmiş; yapısal eşitlik modellemesi, regresyon ve faktör analizi öne çıkan analiz teknikleri arasında yer almıştır. Araştırma, örgütsel çeviklik literatürünün dijitalleşme ekseninde tematik olarak çeşitlendiğine ve yöntemsel açıdan nicel araştırma göstergelerinin belirgin bir ağırlık taşıdığına işaret etmektedir. Elde edilen sonuçların, örgütsel çeviklik alanındaki araştırma eğilimlerinin anlaşılmasına ve gelecekteki çalışmaların yönlendirilmesine katkı sağlaması beklenmekte olup bulgular, DergiPark kapsamındaki yayınların başlık, özet ve anahtar kelime verileri doğrultusunda elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Örgütsel çeviklik, Metin madenciliği, Dijital dönüşüm, Tematik analiz, DergiPark.

AN EXAMINATION OF THE ORGANIZATIONAL AGILITY LITERATURE USING TEXT MINING METHODS

ABSTRACT

This study aims to examine academic publications on organizational agility indexed in DergiPark using text mining techniques and to reveal the conceptual, thematic, temporal, and methodological characteristics of the literature. Designed as a descriptive and exploratory study, the research initially identified 63 records through a search conducted on the DergiPark platform on August 16, 2026. Following the exclusion of one correction notice that did not constitute an independent research study, 62 publications were included in the analysis. Data were analyzed using the R programming language, employing annual and journal-based publication distributions, word frequency analysis, n-gram analysis, author keyword co-occurrence analysis, temporal thematic comparisons, and methodological indicator analysis. The findings revealed that publications on organizational agility increased particularly after 2021 and were distributed across 53 different journals. The most prominent terms in the abstracts included digital, performance, leadership, organization, and competition, while thematic phrase analysis highlighted digital transformation, Industry 4.0, competitive advantage, structural capital, and organizational culture. The temporal analysis indicated that knowledge management was more prominent in the early period, followed by business performance and human resource management, whereas digital transformation and digital leadership became more visible during 2024–2026. Regarding methodological characteristics, survey-related expressions were identified in 50% of the abstracts, while structural equation modeling, regression, and factor analysis emerged as prominent analytical techniques. Overall, the findings suggest that organizational agility research has become increasingly diversified around digitalization-related themes, while quantitative methodological indicators remain prevalent. The study contributes to understanding research trends in organizational agility and provides insights for future investigations. The findings are limited to the titles, abstracts, and author keywords of publications included in the DergiPark dataset.

Keywords: Organizational Agility, Text Mining, Digital Transformation, Thematic Analysis, DergiPark.

1. GİRİŞ

Günümüz işletmeleri; teknolojik gelişmelerin hızlanması, rekabet koşullarının yoğunlaşması, müşteri beklentilerinin sürekli değişmesi ve çevresel belirsizliğin artması nedeniyle geleneksel

örgütsel yapı ve yönetim anlayışlarının ötesine geçen yeteneklere ihtiyaç duymaktadır. Özellikle değişimin yönünün ve etkilerinin önceden tam olarak öngörülemediği iş ortamlarında, örgütlerin çevresel değişimleri zamanında algılayabilmesi ve bu değişimlere hızlı ve etkili biçimde karşılık verebilmesi sürdürülebilir rekabet açısından önem kazanmıştır. Bu bağlamda örgütsel çeviklik (organizational agility), işletmelerin değişken ve öngörülemeyen çevre koşullarında faaliyetlerini sürdürebilmelerini ve ortaya çıkan fırsatlardan yararlanabilmelerini sağlayan önemli bir örgütsel yetenek olarak değerlendirilmektedir (Overby vd., 2006; Walter, 2021). Overby vd. (2006), çevikliği işletmelerin çevresel değişimleri algılama ve bunlara kolaylıkla karşılık verme yeteneği çerçevesinde ele alırken, sonraki çalışmalar kavramı stratejik yönetim, bilgi teknolojileri ve dinamik yetenekler gibi farklı teorik yaklaşımlarla ilişkilendirmiştir.

Örgütsel çeviklik kavramının önem kazanmasında bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerin de belirgin bir rolü bulunmaktadır. Sambamurthy vd. (2003), çağdaş işletmeler açısından çevikliğin yenilikçilik ve rekabetçi performans bakımından kritik olduğunu ve bilgi teknolojilerinin örgütlerin çeviklik kapasitelerinin geliştirilmesinde önemli bir rol üstlendiğini ileri sürmektedir. Benzer şekilde Lu ve Ramamurthy (2011), 128 işletme üzerinde gerçekleştirdikleri ampirik araştırmada bilgi teknolojisi yeteneği ile örgütsel çeviklik arasında anlamlı ilişkiler ortaya koymuş ve örgütsel çevikliği pazardaki fırsatlardan yararlanma çevikliği ile operasyonel uyum çevikliği olmak üzere iki boyutta ele almıştır. Dolayısıyla dijital teknolojilerin yalnızca örgütsel süreçlerin desteklenmesinde kullanılan araçlar olarak değil, değişen çevresel koşullara karşı örgütlerin tepki verme kapasitelerini şekillendiren stratejik unsurlar olarak değerlendirilmesi mümkündür (Lu & Ramamurthy, 2011; Sambamurthy vd., 2003).

Örgütsel çeviklik aynı zamanda dinamik yetenekler yaklaşımıyla da yakından ilişkilendirilmektedir. Teece et al. (2016), özellikle yenilik ekonomisinin oluşturduğu derin belirsizlik koşullarında güçlü dinamik yeteneklerin örgütsel çevikliğin geliştirilmesi açısından gerekli olduğunu belirtmektedir. Bu yaklaşım doğrultusunda çeviklik, örgütlerin yalnızca meydana gelen değişikliklere tepki vermelerini değil, aynı zamanda çevrede ortaya çıkan fırsat ve tehditleri algılayarak kaynaklarını ve yeteneklerini yeniden yapılandırabilmelerini içeren stratejik bir kapasite olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte çevikliğin her koşulda ve sınırsız düzeyde artırılması gereken bir özellik olarak görülmesi de doğru değildir. Örgütsel dönüşümün maliyetleri bulunduğundan gerekli çeviklik düzeyinin işletmenin içinde bulunduğu

çevresel koşullara ve stratejik gereksinimlere göre değerlendirilmesi gerekmektedir (Teece vd., 2016).

Örgütsel çevikliğe yönelik akademik ilginin artmasına karşın kavramın tanımlanması, boyutlandırılması ve ilişkili olduğu örgütsel unsurlar konusunda literatürde tam bir görüş birliğine ulaşılamadığı görülmektedir. Walter (2021), örgütsel çeviklik üzerine gerçekleştirdiği sistematik literatür incelemesinde 75 akademik çalışmayı analiz etmiş ve literatürde kavramsal belirsizliklerin devam ettiğini ortaya koymuştur. Söz konusu çalışmada örgütsel çeviklik literatürü; çeviklik sürücüleri, kolaylaştırıcıları, yetenekleri ve boyutları çerçevesinde bütünleştirilmiş ve örgütsel çevikliğin farklı araştırma akımları içerisinde ele alındığı belirtilmiştir. Literatürün zaman içerisinde iş gücü çevikliği, tedarik zinciri çevikliği, bilgi sistemleri çevikliği ve stratejik çeviklik gibi daha özelleşmiş araştırma alanlarına yönelmesi, örgütsel çeviklik araştırmalarının kavramsal yapısının sistematik biçimde incelenmesini daha da önemli hâle getirmektedir (Walter, 2021).

Bu noktada metin madenciliği, genişleyen akademik literatürdeki kavramsal örüntülerin sistematik olarak incelenmesine olanak sağlayan yöntemlerden biridir. Metin madenciliği, yapılandırılmamış doğal dil metinlerinin işlenmesi ve bu metinlerden anlamlı örüntü ve bilgilerin çıkarılması amacıyla kullanılan yöntem ve teknikleri kapsamaktadır (Weiss vd., 2005). Akademik yayınların başlık, özet ve anahtar kelimeleri üzerinde gerçekleştirilecek kelime frekansı, n-gram ve eş-oluşum analizleri; belirli bir araştırma alanında öne çıkan kavramların, kavramlar arasındaki ilişkilerin ve zaman içerisindeki tematik farklılaşmanın belirlenmesine katkı sağlayabilir.

Bu doğrultuda bu araştırmanın temel amacı, DergiPark'ta yayımlanan örgütsel çeviklik konulu akademik çalışmaların metin madenciliği yöntemleri kullanılarak incelenmesi ve DergiPark kapsamındaki örgütsel çeviklik literatürünün kavramsal, tematik, dönemsel ve yöntemsel görünümünün ortaya konulmasıdır. Araştırma kapsamında belirlenen ölçütleri karşılayan 62 çalışma analiz edilmekte; yayınların yıllara ve dergilere göre dağılımının yanı sıra başlık, özet ve yazar anahtar kelimeleri üzerinden kelime frekansları, tematik kavram öbekleri, anahtar kelime eş-oluşum ilişkileri ve dönemsel kavramsal farklılaşma incelenmektedir. Ayrıca çalışma özetlerinde açıkça belirtilen araştırma yaklaşımları, veri toplama yöntemleri, analiz teknikleri ve kullanılan yazılımlar değerlendirilerek literatürün yöntemsel profili ortaya çıkarılmaktadır. Bu yönüyle araştırmanın, DergiPark kapsamında örgütsel çeviklik konusunda oluşan akademik bilgi birikimini sistematik biçimde görünür hâle getirmesi, literatürde öne çıkan ve gelişmekte

olan araştırma temalarını belirlemesi ve gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalara araştırma yönelimleri açısından yol gösterici bir çerçeve sunması beklenmektedir.

Araştırmanın amacı doğrultusunda aşağıdaki sorulara yanıt aranmaktadır:

- Örgütsel çeviklik çalışmalarının yıllara ve dergilere göre dağılımı nasıldır?
- Çalışmaların başlık ve özetlerinde hangi kavramlar öne çıkmaktadır?
- Örgütsel çeviklik literatüründe hangi tematik kavram öbekleri ve anahtar kelime eş-oluşum ilişkileri bulunmaktadır?
- Örgütsel çeviklik literatürünün kavramsal odağı dönemler itibarıyla nasıl farklılaşmaktadır?
- İncelenen çalışmaların özetlerinde hangi araştırma yaklaşımları, veri toplama yöntemleri, analiz teknikleri ve yazılımlar öne çıkmaktadır?

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Örgütsel Çeviklik Kavramı ve Gelişimi

Örgütsel çeviklik, çevresel belirsizliklerin, teknolojik değişimlerin ve yoğun rekabet koşullarının etkisiyle yönetim literatüründe giderek daha fazla önem kazanan kavramlardan biridir. Kavram genel olarak örgütlerin çevrelerinde meydana gelen değişimleri algılama, söz konusu değişimlere hızlı ve etkili biçimde karşılık verme ve ortaya çıkan fırsatlardan yararlanabilme yeteneğini ifade etmektedir. Bununla birlikte örgütsel çevikliğin farklı disiplinlerde ele alınması, kavrama ilişkin çeşitli tanım ve sınıflandırmaların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Walter (2021), 75 akademik çalışmayı kapsayan sistematik literatür incelemesinde örgütsel çevikliğin kavramsallaştırılmasında önemli farklılıkların bulunduğunu; çeviklik literatürünün çeviklik sürücüleri, kolaylaştırıcıları, yetenekleri ve boyutları çerçevesinde ele alınabileceğini belirtmektedir. Bu durum örgütsel çevikliğin tek bir örgütsel özellikten ziyade birbiriyle ilişkili farklı yetenek ve uygulamaları kapsayan çok boyutlu bir yapı olarak değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir (Walter, 2021).

Örgütsel çeviklik yaklaşımının gelişiminde üretim ve stratejik yönetim literatürünün önemli katkısı bulunmaktadır. Sharifi ve Zhang (1999), çevik örgütlerin değişken iş çevresinde faaliyet gösterebilmelerini sağlayan temel yetenekleri ortaya koyarak kavramın sistematik biçimde incelenmesine katkı sağlamıştır. İzleyen yıllarda çeviklik yalnızca üretim sistemlerinin değişime tepki verme kapasitesiyle sınırlı tutulmamış; stratejik yönetim, bilgi sistemleri, insan kaynakları, tedarik zinciri ve örgütsel yetenekler gibi farklı araştırma alanlarına taşınmıştır. Bu gelişim, örgütsel çevikliği çevresel değişime verilen kısa süreli bir tepkinin ötesinde, örgütün kaynaklarını ve yeteneklerini değişen koşullara göre yeniden düzenleyebilmesini sağlayan

stratejik bir kapasite hâline getirmiştir. Walter'ın (2021) sistematik incelemesi de örgütsel çevikliğin zaman içinde farklı araştırma akımlarıyla bütünleştiğini göstermektedir.

Bu noktada örgütsel çeviklik ile dinamik yetenekler yaklaşımı arasında güçlü bir teorik bağ kurulmaktadır. Teece, Peteraf ve Leih'e (2016) göre özellikle inovasyon ekonomisinin ortaya çıkardığı derin belirsizlik koşullarında güçlü dinamik yetenekler örgütsel çevikliğin geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Örgütlerin değişimleri ve fırsatları algılamaları, bunlara ilişkin stratejik kararlar almaları ve gerektiğinde kaynak tabanlarını yeniden yapılandırmaları çevikliğin sürdürülebilir hâle gelmesine katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte çeviklik sürekli ve sınırsız örgütsel değişim anlamına gelmemektedir. Örgütsel dönüşümün maliyetleri de bulunduğundan örgütlerin ihtiyaç duydukları çeviklik düzeyini çevresel belirsizlik ve stratejik gereksinimleri doğrultusunda belirlemeleri gerekmektedir (Teece vd., 2016).

2.2. Örgütsel Çevikliğin Boyutları ve Örgütsel Önemi

Örgütsel çevikliğin çok boyutlu niteliği, kavramın ölçülmesi ve örgütsel sonuçlarla ilişkilendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Sharifi ve Zhang'ın (1999) yaklaşımında çeviklik yetenekleri temel olarak tepki verebilirlik (responsiveness), yetkinlik (competency), esneklik (flexibility) ve hız (speed) olmak üzere dört temel kategoride ele alınmaktadır. Tepki verebilirlik, örgütün değişimleri algılayarak bunlara zamanında karşılık verebilmesini; yetkinlik, amaçlara etkin ve verimli biçimde ulaşılmasını sağlayan örgütsel kabiliyetleri; esneklik, farklı koşullara uyum sağlayabilme kapasitesini; hız ise faaliyetlerin mümkün olan en kısa sürede gerçekleştirilebilmesini ifade etmektedir. Daha sonraki araştırmalarda proaktiflik, müşteri odaklılık ve ortaklık geliştirme gibi özelliklerin de çeviklik kapsamında değerlendirilmesiyle kavramın kapsamı genişlemiştir (Walter, 2021).

Bu yetenekler örgütsel çevikliğin yalnızca değişime hızlı tepki verme anlamına gelmediğini göstermektedir. Çevik bir örgütün değişimi önceden algılayabilmesi, kaynaklarını yeniden düzenleyebilmesi, karar alma süreçlerini hızlandırabilmesi ve değişen müşteri beklentilerine uygun çözümler geliştirebilmesi gerekmektedir. Bu nedenle çeviklik; performans, rekabet avantajı, yenilikçilik ve örgütsel uyum gibi sonuçlarla yakından ilişkilendirilmektedir. Walter (2021), mevcut literatürün örgütsel çeviklik ile işletme performansı arasında genel olarak olumlu bir ilişkiye işaret ettiğini belirtmektedir. Bununla birlikte çeviklik düzeyinin yükseltilmesi kaynak ve yeniden yapılanma maliyetleri oluşturabileceğinden, çeviklik ile performans arasındaki ilişkinin örgütün içinde bulunduğu koşullar dikkate alınarak değerlendirilmesi önem taşımaktadır (Teece vd., 2016; Walter, 2021).

2.3. Örgütsel Çeviklik Literatüründeki Güncel Eğilimler

Örgütsel çeviklik literatürünün güncel gelişiminde en belirgin eğilimlerden biri kavramın dijital dönüşüm ve Endüstri 4.0 çerçevesinde incelenmesidir. Dijital teknolojilerin örgütsel süreçleri dönüştürmesi, örgütlerin yalnızca teknolojik altyapılarını yenilemelerini değil, karar verme, liderlik, insan kaynakları ve örgüt kültürü gibi unsurları da değişen koşullara uyarlamalarını gerekli kılmaktadır. Mrugalska ve Ahmed (2021), Endüstri 4.0 bağlamında örgütsel çeviklik literatürünü sistematik olarak inceleyerek çeviklik ile yeni üretim ve dijital teknoloji ortamı arasındaki ilişkinin önemini ortaya koymuştur. Dijital dönüşüm bağlamındaki bütünleştirici literatür incelemeleri de örgütsel çevikliği, işletmelerin iş gücü, operasyon ve ağlarını dijital dönüşüm sürecine etkin biçimde dâhil etmelerini sağlayan temel mekanizmalardan biri olarak konumlandırmaktadır.

Bu gelişmeyle bağlantılı diğer bir araştırma alanı dijital liderliktir. Dijital dönüşüm yalnızca teknolojik yatırımlarla gerçekleştirilen bir süreç olmadığından, yöneticilerin dijital değişimi yönlendirebilme, çalışanları dönüşüm sürecine dâhil edebilme ve çevik karar alma yapılarını destekleyebilme yetenekleri önem kazanmaktadır. Alakaş (2024), dijital dönüşümcü liderlik, örgütsel çeviklik ve dijital dönüşüm arasındaki ilişkileri incelemiş; dijital dönüşümcü liderlik ile örgütsel çevikliğin dijital dönüşüm üzerinde olumlu etkilerinin bulunduğunu göstermiştir. Araştırma ayrıca dijital strateji ve dijital kültürün söz konusu ilişkilerin açıklanmasında önemli roller üstlendiğini ortaya koymaktadır. Benzer biçimde dijital dönüşüm literatüründe liderlik, çeviklik ve dijital stratejinin birbirini tamamlayan örgütsel unsurlar olarak ele alındığı görülmektedir.

Dolayısıyla güncel örgütsel çeviklik literatürü, kavramı yalnızca değişime tepki verme yeteneği olarak ele alan geleneksel yaklaşımdan daha geniş bir araştırma alanına doğru ilerlemektedir. Dijital dönüşüm, Endüstri 4.0, dijital liderlik, örgüt kültürü, performans, rekabet avantajı ve dinamik yetenekler, örgütsel çevikliğin güncel araştırma gündeminde birbirleriyle ilişkili biçimde ele alınan başlıca temalar arasında yer almaktadır. Bu kavramsal çeşitlenme, örgütsel çeviklik literatürünün içerdiği temaların ve söz konusu temaların zaman içerisindeki değişiminin sistematik yöntemlerle incelenmesini önemli hâle getirmektedir. Bu çalışmada gerçekleştirilen metin madenciliği analizinin de söz konusu kavramsal yapının DergiPark kapsamındaki çalışmalarda nasıl biçimlendiğini ortaya koyması amaçlanmaktadır. Böylece teorik literatürde belirlenen eğilimlerle DergiPark'ta yayımlanan çalışmaların kavramsal ve tematik yönelimlerinin karşılaştırılabilmesi mümkün olacaktır.

3. YÖNTEM

3.1. Araştırma Tasarımı ve Veri Kaynağı

Bu araştırma, DergiPark'ta örgütsel çeviklik konusunda yayımlanan akademik çalışmaların kavramsal, tematik, dönemsel ve yöntemsel özelliklerini ortaya koymayı amaçlayan betimsel ve keşfedici nitelikte bir metin madenciliği araştırması olarak tasarlanmıştır. Metin madenciliği, yapılandırılmamış veya yarı yapılandırılmış metinsel verilerin sistematik biçimde işlenerek metin içerisindeki örüntülerin, kavramların ve kavramlar arasındaki ilişkilerin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Metinsel verilerin düzenli bir veri yapısına dönüştürülmesi; kelime frekanslarının, n-gramların ve sözcükler arasındaki ilişkilerin hesaplanmasını mümkün kılmaktadır (Silge & Robinson, 2016, 2017). Özellikle "tidy text" yaklaşımında metinsel verinin her bir satırda bir token bulunacak biçimde yapılandırılması, metin üzerinde veri düzenleme, gruplama, sayma ve görselleştirme işlemlerinin standart veri analizi araçlarıyla gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır (Silge & Robinson, 2017).

Araştırmanın veri kaynağını DergiPark'ta örgütsel çeviklik konusunda yer alan akademik yayınlar oluşturmaktadır. Araştırmada belirli bir başlangıç yılı sınırı konulmamış; veri kaynağında araştırma konusu kapsamında erişilebilen çalışmalar değerlendirmeye alınmıştır. Elde edilen veri setinde yayın başlığı, yazar, anahtar kelimeler, dergi adı, yayın yılı, özet, konu, yayın türü ve diğer bibliyografik alanlar bulunmaktadır. İlk veri setinde 63 kayıt tespit edilmiş, kayıtların kontrolü sonucunda bunlardan birinin 2022 yılında yayımlanan bir çalışmaya ilişkin düzeltme kaydı olduğu belirlenmiştir. Bu kayıt bağımsız bir akademik çalışma olarak değerlendirilmediğinden analiz dışında bırakılmış ve nihai veri seti 62 akademik yayından oluşturulmuştur.

Veriler DergiPark platformunda 'örgütsel çeviklik' ifadesi kullanılarak 16/08/2026 tarihinde gerçekleştirilen tarama sonucunda elde edilmiştir. Araştırmada başlangıç yılı, dil ve dergi sınırlaması uygulanmamıştır. Tarama sonucunda elde edilen 63 kayıt incelenmiş, bağımsız araştırma niteliği taşımayan bir düzeltme kaydı dışlanarak nihai analiz veri seti 62 çalışmadan oluşturulmuştur. Çalışmaların araştırmaya dâhil edilmesinde örgütsel çeviklik konusuyla ilişkili olmaları, DergiPark veri kaynağında yer almaları ve gerçekleştirilecek metinsel analizlere olanak sağlayan başlık, özet ve/veya anahtar kelime bilgilerinin bulunması temel ölçütler olarak benimsenmiştir. Bağımsız araştırma niteliği taşımayan düzeltme kaydı ise dışlama ölçütü kapsamında değerlendirilmiştir. Araştırmanın DergiPark ile sınırlandırılması, Türkiye'deki örgütsel çeviklik yazınının belirli bir akademik yayın platformu üzerinden sistematik olarak değerlendirilmesine imkân sağlamakla birlikte, araştırmanın kapsamına ilişkin bir sınırlılık da

oluşturmaktadır. Bu nedenle araştırma sonuçları Türkiye'deki örgütsel çeviklik literatürünün tamamı yerine, araştırmada belirlenen ölçütler doğrultusunda DergiPark üzerinden elde edilen yayınlar kapsamında değerlendirilmiştir.

3.2. Veri Ön İşleme ve Temizleme

Metin madenciliği çalışmalarında analiz öncesindeki veri hazırlama süreci, elde edilecek sonuçların niteliği açısından önem taşımaktadır. Ham metinlerde bulunan biçimlendirme unsurları, gereksiz sözcükler ve aynı kavramın farklı yazım veya çekim biçimleri frekans ve birliktelik sonuçlarını etkileyebildiğinden, analiz öncesinde veri setine kontrollü bir ön işleme süreci uygulanmıştır. Silge ve Robinson'ın (2016, 2017) ortaya koyduğu düzenli metin yaklaşımından yararlanılarak başlık, özet ve anahtar kelime alanları analiz edilebilir token yapılarına dönüştürülmüştür. tidytext yaklaşımı, metinlerin tek tek kelimelerden çok kelimeli n-gram yapılarına kadar farklı analiz birimlerine ayrılabilmesine olanak sağlamaktadır.

İlk olarak veri setinde yer alan özetler incelenmiş ve bazı kayıtların <p>, ve gibi HTML etiketleri ve biçimlendirme kodları içerdiği görülmüştür. Bu yapıların analizde kavram olarak değerlendirilmesini önlemek amacıyla HTML etiketleri temizlenmiş; ayrıca HTML karakter kodları ve gereksiz boşluklar düzenlenmiştir. Nitekim ön incelemelerde ortaya çıkan “span style” ve “text align” gibi metnin akademik içeriğini temsil etmeyen ifadeler temizleme işleminden sonra ortadan kaldırılmıştır.

İkinci aşamada metinler Türkçe dil yapısı dikkate alınarak küçük harfe dönüştürülmüş ve gereksiz boşluklar giderilmiştir. Ardından bağlaç, edat ve araştırmanın tematik yapısına doğrudan katkı sağlamayan yüksek frekanslı sözcükler için kontrollü bir stop-word listesi oluşturulmuştur. “ve”, “bu”, “bir”, “ile”, “olarak”, “için”, “gibi” gibi genel dil unsurlarının yanı sıra “çalışma”, “araştırma”, “elde edilen”, “sonuç” ve “bulgular” gibi akademik özetlerde yaygın olarak kullanılan ancak tematik ayrıştırıcılığı düşük ifadeler de ilgili analizlerde filtrelenmiştir.

Araştırmanın temel arama ve inceleme kavramı olan “örgütsel çeviklik” ve bazı çekimli biçimleri, belirli tematik analizlerde diğer kavramların görünürlüğünü engellememesi amacıyla kontrollü biçimde analiz dışında bırakılmıştır. Bu işlem, söz konusu kavramın veri setinden tamamen çıkarılması anlamına gelmemekte; yalnızca literatürde örgütsel çeviklikle birlikte hangi ikincil kavramların öne çıktığını belirlemeye yönelik analizlerde uygulanmaktadır. Benzer şekilde, aynı kavramı ifade eden bazı çekimli sözcükler kontrollü biçimde normalleştirilmiş; ancak sonuçların araştırmacı müdahalesiyle aşırı ölçüde şekillenmesini önlemek amacıyla kapsamlı ve otomatik olmayan bir kök indirgeme süreci uygulanmamıştır.

Böylece veri temizliğinde kavramsal görünürlüğün artırılması ile özgün metin yapısının korunması arasında denge kurulmaya çalışılmıştır.

3.3. Metin Madenciliği ve Analiz Süreci

Verilerin işlenmesi ve analizinde R programlama dili kullanılmış, analizler R 4.5.0 ortamında gerçekleştirilmiştir. Excel formatındaki araştırma verilerinin R ortamına aktarılmasında readxl; veri düzenleme ve dönüştürme işlemlerinde tidyverse; metinlerin tokenizasyonu ve metin madenciliği işlemlerinde ise tidytext paketinden yararlanılmıştır. tidytext, metin madenciliğinin düzenli veri ilkeleriyle bütünleştirilmesine olanak sağlayan bir R paketi olarak geliştirilmiştir (Silge & Robinson, 2016). Araştırmada kullanılan Excel verilerinin R ortamına aktarılmasını sağlayan readxl paketi de .xls ve .xlsx dosyalarının doğrudan okunmasını desteklemektedir (Wickham & Bryan, 2026).

Analiz sürecinde ilk olarak yayınların yıllara ve dergilere göre frekans dağılımları hesaplanmıştır. Böylece örgütsel çeviklik konulu yayınların zamansal gelişimi ve çalışmaların yayımlandığı dergilerin dağılımı belirlenmiştir. Ardından makale başlıkları ve özetler kelime düzeyinde tokenlara ayrılmış ve temizleme işlemleri sonrasında kelime frekansları hesaplanmıştır. Yazarlar tarafından belirlenen anahtar kelimeler de ayrıca ayrıştırılmış; anahtar kelimelerin kullanım sıklıkları belirlenmiş ve kavramsal görünürlüğün desteklenmesi amacıyla kelime bulutu oluşturulmuştur. Metin madenciliğinde kelime frekanslarının hesaplanması ve sözcüklerin düzenli tokenlar hâlinde ele alınması Silge ve Robinson'ın (2016, 2017) önerdiği yaklaşım doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Tek sözcük frekanslarının ötesinde, kavramların bağlam içerisindeki birlikteliklerini belirleyebilmek amacıyla n-gram analizi uygulanmıştır. Bu kapsamda öncelikle iki sözcüklü yapılar (bigram) incelenmiş; bazı eksik veya anlamsal olarak tamamlanmamış ifadelerin bağlamının belirlenebilmesi amacıyla gerektiğinde üç sözcüklü yapılar (trigram) kontrol edilmiştir. N-gram analizleri, tekil sözcük frekanslarının gözden kaçırabileceği çok sözcüklü anlam yapılarının incelenmesine imkân sağlamaktadır (Silge & Robinson, 2017). Bu süreç sonucunda “dijital dönüşüm”, “rekabet avantajı”, “yapısal sermaye”, “lider-üye etkileşimi” ve “yenilikçi iş davranışı” gibi tematik kavram öbekleri anlamsal bütünlükleri korunarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle oluşturulan nihai tematik kavram listesi, yalnızca ham bigram frekans sıralaması olarak değil, bigram ve trigram sonuçlarının anlamsal kontrolü sonucunda belirlenen tematik kavram öbekleri olarak ele alınmıştır.

Yazar anahtar kelimeleri arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılmasında eş-oluşum (co-occurrence) analizi gerçekleştirilmiştir. Aynı yayın içerisinde birlikte kullanılan anahtar kelime çiftlerinin

frekansları widyr paketindeki pairwise_count yaklaşımıyla hesaplanmıştır. Bu yöntem, iki öğenin aynı grup veya doküman içerisinde kaç kez birlikte bulunduğunu hesaplamaya olanak sağlamaktadır. Elde edilen ilişkiler ağ yapısına dönüştürülerek igraph ve ggraph araçları yardımıyla görselleştirilmiştir. Ağ analizinin oluşturulmasında kullanılan igraph, karmaşık ağların analizi ve görselleştirilmesine yönelik geliştirilmiş bir yazılım altyapısıdır (Csárdi & Nepusz, 2006).

Literatürdeki kavramsal yönelimlerin zaman içerisindeki farklılaşmasını değerlendirebilmek amacıyla yayınlar 2017–2020, 2021–2023 ve 2024–2026 olmak üzere üç dönemde incelenmiştir. Her dönemde öne çıkan yazar anahtar kelimeleri hesaplanmış; dönemlerdeki toplam yayın sayılarının farklı olması nedeniyle yalnızca mutlak frekanslara dayanmak yerine, kavramların ilgili dönemdeki yayın sayısına oranları da değerlendirilmiştir. Dönemsel kavramsal dağılım bir ısı haritası aracılığıyla görselleştirilmiştir. Özellikle ilk dönemde yayın sayısının sınırlı olması nedeniyle dönemler arasındaki sonuçlar kesin bir doğrusal "evrim" göstergesi olarak değil, kavramsal odakların dönemsel farklılaşması biçiminde yorumlanmıştır.

Son olarak çalışmaların yöntemsel profili, özet metinlerinde açıkça yer alan yöntem göstergelerinin kontrollü bir sözlük aracılığıyla taranması yoluyla belirlenmiştir. "Anket", "yapısal eşitlik modellemesi", "regresyon", "korelasyon", "faktör analizi", "SPSS", "AMOS", "nitel", "literatür taraması/derleme", "bibliyometrik", "kavramsal", "FUCOM" ve "TOPSIS" gibi ifadelerin makale bazında varlığı tespit edilmiştir. Bu kategoriler birbirini dışlamadığından aynı çalışma birden fazla yönteme, analiz tekniğine veya yazılıma dâhil olabilmektedir. Bu nedenle yöntemsel profile ilişkin yüzdelerin toplamının %100 olması beklenmemektedir. Ayrıca bu sonuçlar çalışmaların tam metinlerinin yöntemsel kodlanmasını değil, özetlerde açıkça bildirilen yöntem unsurlarını göstermektedir. Sözlük kapsamında açık bir yöntem göstergesi belirlenemeyen çalışmalar ayrıca korunmuş ve varsayımsal bir yöntem kategorisine atanmayarak analiz sürecinin şeffaflığı sağlanmıştır.

Bu aşamalar sonucunda araştırmanın analiz süreci; verilerin elde edilmesi → veri temizleme ve ön işleme → tokenizasyon → kelime ve anahtar kelime frekans analizi → n-gram analizi → anahtar kelime eş-oluşum ağı → dönemsel kavram analizi → yöntemsel profil analizi biçiminde yapılandırılmıştır. Böylece örgütsel çeviklik literatürü yalnızca yayın sayıları açısından değil, metinsel içerik, kavramsal ilişkiler, dönemsel yönelimler ve yöntemsel özellikler açısından bütüncül biçimde değerlendirilmiştir.

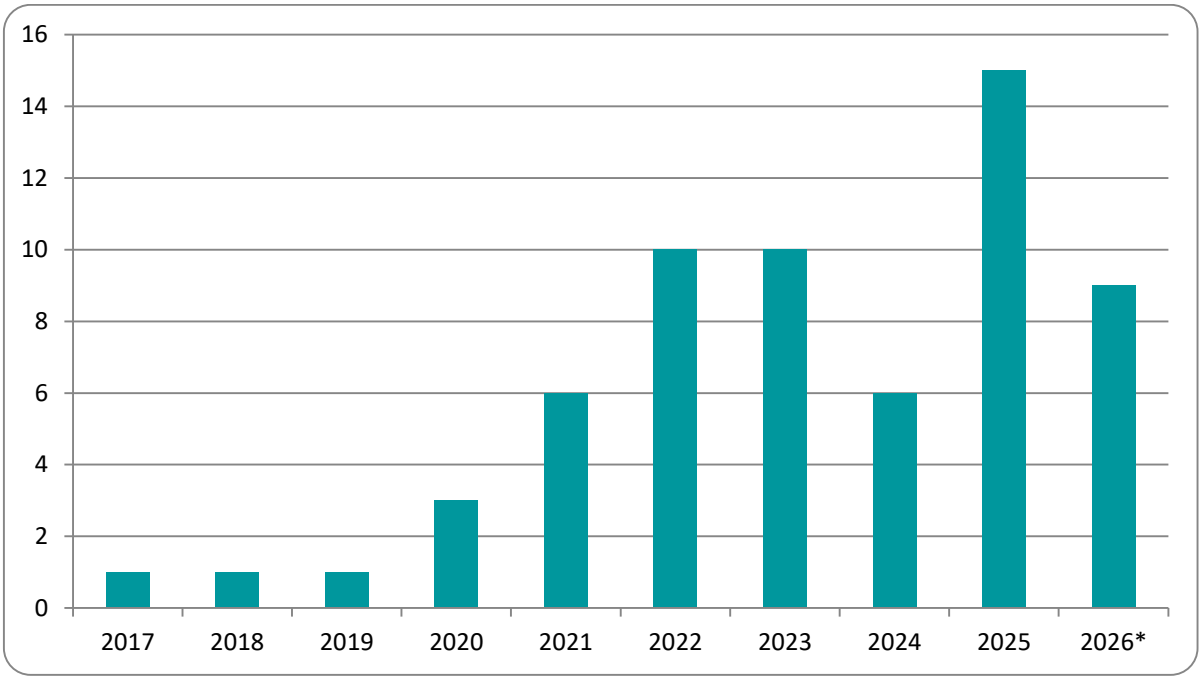
4. BULGULAR

Bu bölümde DergiPark üzerinden elde edilen ve veri temizleme işlemleri sonucunda araştırma kapsamına alınan 62 çalışmaya ilişkin metin madenciliği bulguları sunulmaktadır. Bulgular; yayınların yıllara ve dergilere göre dağılımı, başlık ve özetlerde öne çıkan kavramlar, n-gram analiziyle belirlenen tematik kavram öbekleri, yazar anahtar kelimeleri ve eş-oluşum ilişkileri, kavramların dönemsel dağılımı ve çalışmaların yöntemsel profili olmak üzere altı başlık altında değerlendirilmiştir.

4.1. Yayınların Yıllara ve Dergilere Göre Dağılımı

Örgütsel çeviklik konusunda DergiPark'ta yer alan çalışmaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde, ilk çalışmanın 2017 yılında yayımlandığı ve özellikle 2021 sonrasında yayın sayısında belirgin bir artış meydana geldiği görülmektedir. Araştırma kapsamındaki 62 çalışmanın 2017 ve 2018 yıllarında birer, 2019 yılında bir, 2020 yılında üç, 2021 yılında altı, 2022 ve 2023 yıllarında onar, 2024 yılında altı, 2025 yılında 15 ve 2026 yılında dokuz çalışma şeklinde dağıldığı belirlenmiştir. En yüksek yayın sayısına 2025 yılında ulaşılmıştır.

Şekil 1. Yıllara Göre Örgütsel Çeviklik Çalışmalarının Dağılımı



Dönemsel olarak değerlendirildiğinde 2017–2020 yıllarında yalnızca 6 çalışma bulunurken, bu sayı 2021–2023 döneminde 26'ya ve 2024–2026 döneminde 30'a yükselmiştir. Dolayısıyla incelenen yayınların yaklaşık %90'ı 2021 ve sonrasında yayımlanmıştır. Bununla birlikte 2026 yılına ilişkin veriler yalnızca araştırmanın veri toplama tarihi olan 16 Ağustos 2026'ya kadar yayımlanan çalışmaları kapsamaktadır.

Şekil 1'deki bulgular, DergiPark kapsamında örgütsel çevikliğe yönelik akademik ilginin özellikle son yıllarda yoğunlaştığını göstermektedir. Bu yönelim, örgütsel çeviklik alanının farklı disiplinlerle bütünleşerek gelişmekte olduğunu ortaya koyan uluslararası literatürle de uyumludur. Walter (2021), örgütsel çeviklik araştırmalarının farklı araştırma akımları içerisinde geliştiğini ve kavramın giderek daha geniş bir araştırma alanına dönüştüğünü göstermektedir. Yayınların dergilere göre dağılımı incelendiğinde ise 62 çalışmanın 53 farklı dergide yayımlandığı belirlenmiştir.

Tablo 1. İki veya Daha Fazla Örgütsel Çeviklik Çalışması Yayımlayan Dergiler

Sıra No	Dergi Adı	Yayın Sayısı
1	JOEEP: Journal of Emerging Economies and Policy	3
2	Yönetim Bilimleri Dergisi	3
3	Doğuş Üniversitesi Dergisi	2
4	European Journal of Managerial Research (EUJMR)	2
5	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi	2
6	Stratejik Yönetim Araştırmaları Dergisi	2
7	İş ve İnsan Dergisi	2

Tablo 1 incelendiğinde en fazla yayının JOEEP: Journal of Emerging Economies and Policy ile Yönetim Bilimleri Dergisi'nde üçer çalışma olarak gerçekleşmiş olduğu görülmektedir. Doğuş Üniversitesi Dergisi, European Journal of Managerial Research (EUJMR), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Stratejik Yönetim Araştırmaları Dergisi ve İş ve İnsan Dergisi ikişer çalışmayla öne çıkarken, diğer dergilerin büyük bölümünde yalnızca bir çalışma bulunmaktadır. Tablo yalnızca iki veya daha fazla çalışmanın yayımlandığı dergileri göstermektedir. Diğer 46 derginin her birinde birer çalışma bulunmaktadır. Bu dağılım, örgütsel çeviklik araştırmalarının belirli birkaç dergide yoğunlaşmadığını, farklı yönetim ve sosyal bilim dergilerine yayıldığını göstermektedir.

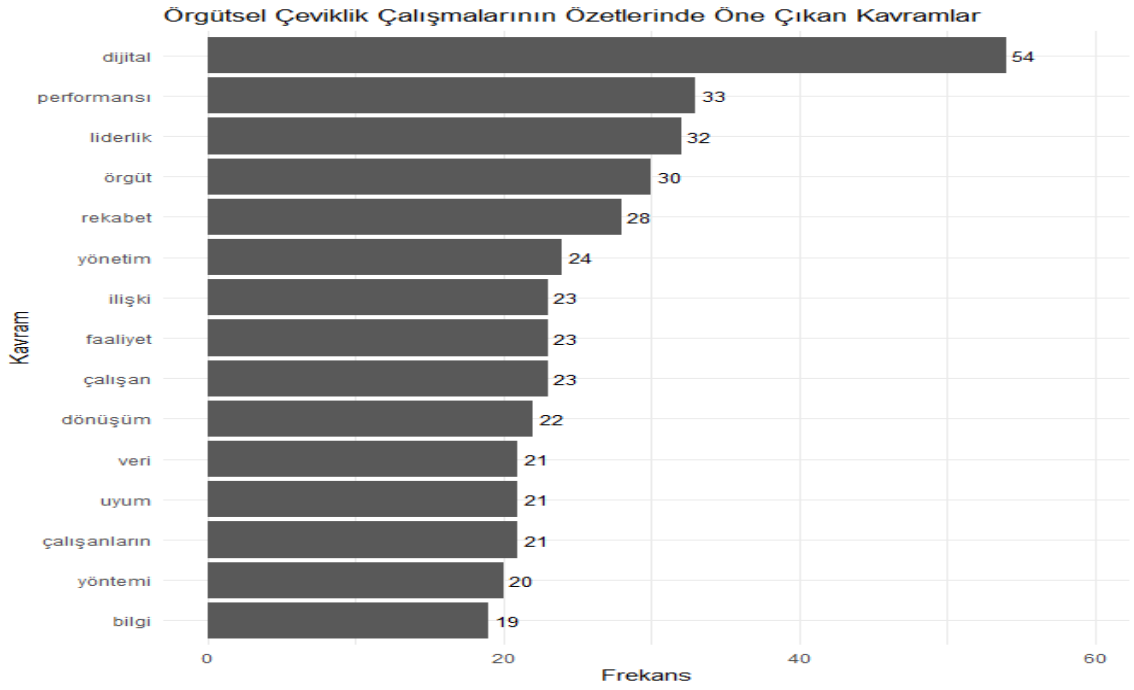
4.2. Başlık ve Özetlerin Kavramsal Analizi

Makale başlıklarının kelime frekansları incelendiğinde, araştırmanın temel konusu olması nedeniyle "örgütsel" ve "çeviklik" ifadelerinin doğal olarak en yüksek frekansa sahip olduğu görülmüştür. Bunların ardından liderlik (11), dijital (10), performans (8), iş (6), yapısal (6), yönetimi (6), çevik (6), insan (5) ve sektöründe (5) ifadeleri öne çıkmıştır. Başlıklardaki bu dağılım, örgütsel çeviklik çalışmalarının özellikle liderlik, dijitalleşme ve performans eksenleriyle ilişkilendirildiğine ilişkin ilk göstergeleri sunmaktadır.

Özet metinlerinin analizi ise daha ayrıntılı bir kavramsal görünüm ortaya koymuştur. Araştırma konusunun kendisini oluşturan "örgütsel çeviklik" ifadeleri ve tematik ayırt ediciliği düşük genel sözcükler kontrollü biçimde dışarıda bırakıldığında, özetlerde en fazla kullanılan kavramın dijital (n=54) olduğu belirlenmiştir. Bunu performans (n=33), liderlik (n=32), örgüt

(n=30), rekabet (n=28), yönetim (n=24), faaliyet (n=23), ilişki (n=23), çalışan (n=23), dönüşüm (n=22), uyum (n=21), veri (n=21) ve bilgi (n=19) gibi kavramlar izlemiştir.

Şekil 2. Örgütsel Çeviklik Çalışmalarının Özetlerinde Öne Çıkan Kavramlar

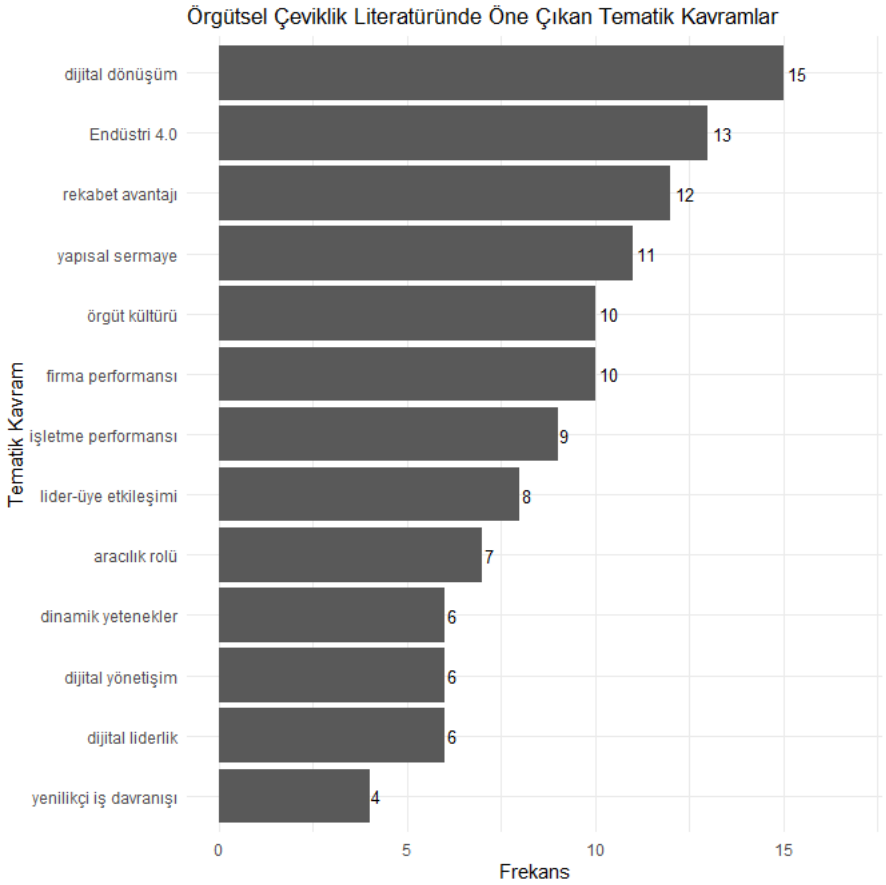


Bu bulgular özellikle dijitalleşme/dijital dönüşüm, performans ve liderlik eksenlerinin örgütsel çeviklik literatüründe belirginleştiğini düşündürmektedir. Bununla birlikte tekil kelime frekanslarının kavramların hangi bağlamda kullanıldığını tek başına göstermediği dikkate alınmalıdır. Örneğin "dijital" ve "dönüşüm" sözcüklerinin ayrı ayrı yüksek frekansa sahip olması bunların mutlaka aynı bağlamda kullanıldığını kanıtlamaz. Bu nedenle söz konusu sonuçlar, aşağıda sunulan n-gram ve anahtar kelime eş-oluşum analizleriyle birlikte değerlendirilmiştir.

4.3. Tematik Kavram Öbeklerinin Analizi

Tekil sözcük analizinin ortaya koyduğu kavramsal yapının bağlamsal olarak değerlendirilmesi amacıyla özet metinlerine n-gram analizi uygulanmıştır. Bigram sonuçlarının anlamsal bütünlüğü gerektiğinde trigram sonuçlarıyla kontrol edilmiş ve akademik içeriği temsil etmeyen dilsel kalıplar dışarıda bırakılmıştır. Bu işlem sonucunda örgütsel çeviklik literatüründe öne çıkan tematik kavram öbekleri belirlenmiştir.

Şekil 3. Örgütsel Çeviklik Literatüründe Öne Çıkan Tematik Kavramlar



En yüksek frekansa sahip tematik kavram öbeğinin dijital dönüşüm (n=15) olduğu görülmektedir. Bunu Endüstri 4.0 (n=13), rekabet avantajı (n=12), yapısal sermaye (n=11), firma performansı (n=10), örgüt kültürü (n=10), işletme performansı (n=9), lider-üye etkileşimi (n=8), aracılık rolü (n=7), dijital liderlik (n=6), dijital yönetişim (n=6), dinamik yetenekler (n=6) ve yenilikçi iş davranışı (n=4) izlemektedir.

Bu bulgu özellikle dikkat çekicidir; çünkü tekil kelime analizinde öne çıkan "dijital", "performans", "liderlik" ve "rekabet" ifadelerinin n-gram analizinde daha anlamlı kavramsal yapılara dönüştüğü görülmektedir. Örneğin dijital kavramı "dijital dönüşüm", "dijital liderlik" ve "dijital yönetişim"; performans ise "firma performansı" ve "işletme performansı" biçiminde somutlaşmaktadır. Benzer şekilde "rekabet" kavramı "rekabet avantajı" şeklinde ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla iki analiz birbirini tamamlayıcı niteliktedir.

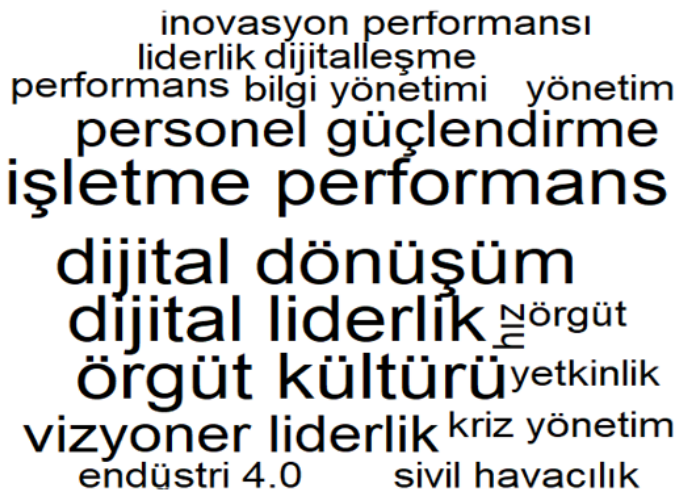
Bu sonuçlar teorik literatürdeki güncel tartışmalarla da önemli ölçüde örtüşmektedir. Mrugalska ve Ahmed (2021), örgütsel çeviklik ile Endüstri 4.0 arasındaki ilişkiyi sistematik literatür incelemesiyle ortaya koyarken, dijital teknolojiler ve örgütsel çeviklik arasındaki ilişkinin giderek önem kazandığını göstermektedir. Teece vd. (2016) ise dinamik yetenekler ile örgütsel çeviklik arasında güçlü bir teorik bağ kurmakta ve belirsizlik koşullarında dinamik yeteneklerin

çeviklik açısından önemini vurgulamaktadır. Bu bakımdan mevcut araştırmada "Endüstri 4.0", "dijital dönüşüm" ve "dinamik yetenekler" kavramlarının öne çıkması, uluslararası literatürdeki kavramsal yönelimlerle paralellik göstermektedir.

4.4. Anahtar Kelime Analizi ve Eş-Oluşum Ağı

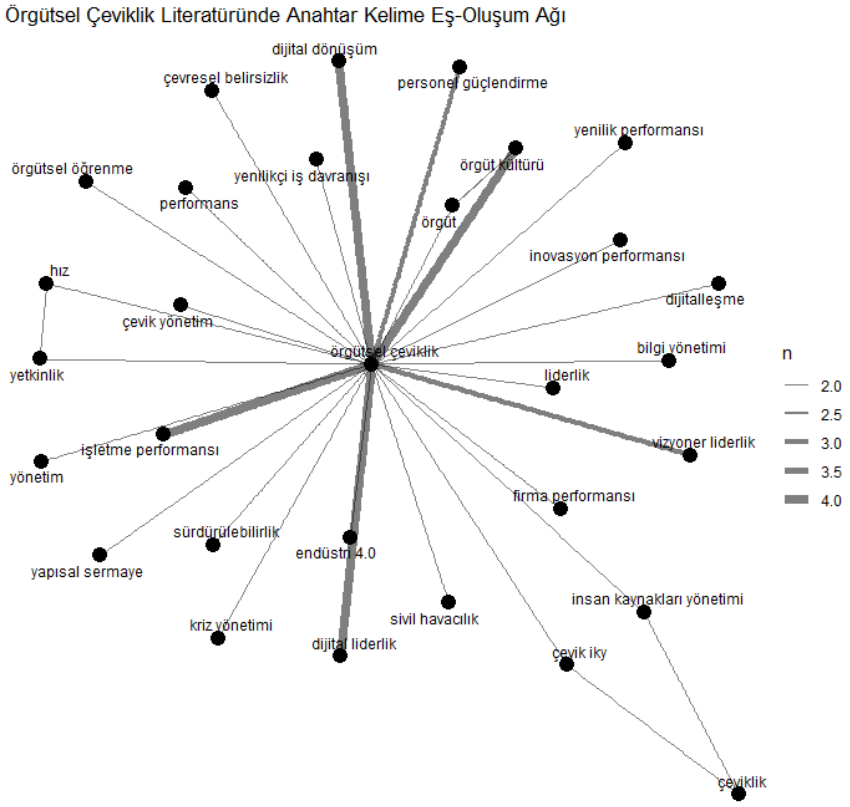
Yazarlar tarafından belirlenen anahtar kelimelerin analizi, çalışmaların doğrudan hangi araştırma konularıyla ilişkilendirildiğinin belirlenmesi bakımından önemlidir. Ham frekans sonuçlarında "örgütsel çeviklik" 62 kullanımla ilk sırada yer almıştır. Bunun araştırmanın temel inceleme kavramı olması nedeniyle diğer temaların görünürlüğünü artırmak amacıyla sonraki tematik değerlendirmelerde merkez kavram ayrı tutulmuştur. Bunun ardından çeviklik (n=7); dijital dönüşüm, dijital liderlik, işletme performansı ve örgüt kültürü (her biri n=4); personel güçlendirme ve vizyoner liderlik (her biri n=3) öne çıkmıştır. Bilgi yönetimi, dijitalleşme, Endüstri 4.0, firma performansı, inovasyon performansı, insan kaynakları yönetimi, kriz yönetimi, sürdürülebilirlik ve yapısal sermaye gibi çok sayıda kavramın ise ikişer kez kullanıldığı belirlenmiştir.

Şekil 4. Yazar Anahtar Kelimelerine İlişkin Kelime Bulutu



Kelime bulutunun yalnızca görsel destekleyici bir çıktı olduğu ve kavramlar arasındaki ilişkileri göstermediği dikkate alınarak, aynı makalede birlikte kullanılan anahtar kelimeler ayrıca eş-oluşum analiziyle incelenmiştir.

Şekil 5. Örgütsel Çeviklik ile Doğrudan İlişkili Anahtar Kavramlar Eş-Oluşum Ağı

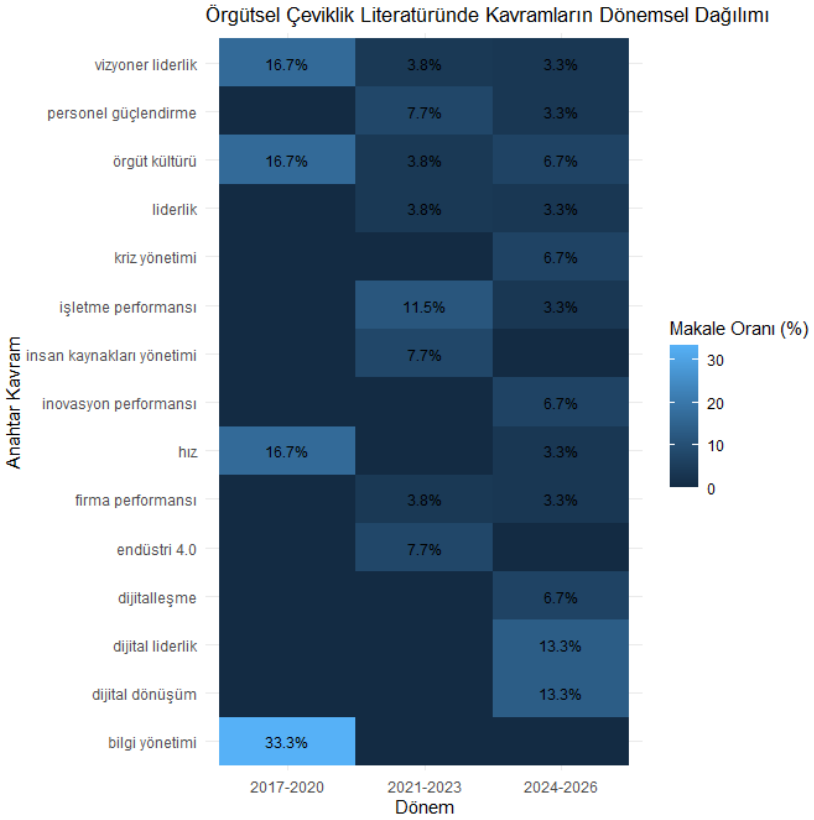


Eş-oluşum sonuçları örgütsel çevikliğin özellikle dijital liderlik, örgüt kültürü, dijital dönüşüm, işletme performansı, vizyoner liderlik ve personel güçlendirme gibi kavramlarla birlikte ele alındığını göstermektedir. Ağ yapısının merkezinde örgütsel çevikliğin bulunması, veri setinin seçim ölçütü nedeniyle beklenen bir sonuçtur. Bu nedenle ağın yorumlanmasında merkez düğümün büyüklüğünden çok, çevresindeki kavramların çeşitliliği ve birliktelik frekansları dikkate alınmıştır.

4.5. Kavramsal Yapının Dönemsel Değişimi

Örgütsel çeviklik çalışmalarının kavramsal odağındaki dönemsel farklılaşmayı incelemek amacıyla yayınlar 2017–2020, 2021–2023 ve 2024–2026 dönemleri altında değerlendirilmiştir. Dönemler eşit zaman aralıkları oluşturmak amacıyla değil, yayın yoğunluğundaki değişim dikkate alınarak literatürün erken gelişim, genişleme ve güncel yoğunlaşma dönemlerinin karşılaştırılabilmesi amacıyla analitik olarak gruplandırılmıştır. İlk dönemde 6, ikinci dönemde 26 ve son dönemde 30 çalışma bulunmaktadır. Dönemler arasındaki yayın sayısı farklılıklarının sonuçları doğrudan etkilemesini azaltmak amacıyla kavramların yalnızca mutlak frekansları değil, ilgili dönemdeki toplam çalışma sayısına oranları da hesaplanmıştır.

Şekil 6. Örgütsel Çeviklik Literatüründe Kavramların Dönemsel Dağılımı



2017–2020 döneminde bilgi yönetimi, iki çalışmada yer alarak dönem yayınlarının %33,3'ünde görülmüş ve en belirgin kavram olmuştur. Vizyoner liderlik, örgüt kültürü ve hız gibi kavramların her biri birer çalışmada (%16,7) yer almıştır. Bununla birlikte ilk dönemin yalnızca altı çalışmadan oluşması nedeniyle bu yüksek yüzdelerin dikkatli yorumlanması gerekmektedir. 2021–2023 döneminde kavramsal odağın daha çok performans ve örgütsel uygulamalara yöneldiği görülmektedir. İşletme performansı üç çalışmayla %11,5 oranında öne çıkarken, Endüstri 4.0, insan kaynakları yönetimi ve personel güçlendirme ikişer çalışmayla %7,7 oranında temsil edilmiştir.

En güncel dönem olan 2024–2026'da ise dijital dönüşüm ve dijital liderlik kavramlarının her biri dört çalışmada yer alarak %13,3 oranına ulaşmıştır. Dijitalleşme, inovasyon performansı, kriz yönetimi, sivil havacılık, sürdürülebilirlik, yenilikçi iş davranışı, yönetim ve örgüt kültürü gibi kavramların her biri iki çalışmada (%6,7) kullanılmıştır. Bu görünüm, örgütsel çeviklik araştırmalarının son dönemde dijitalleşme ve dijital dönüşüm bağlamına daha belirgin biçimde yöneldiğine işaret etmektedir. Bununla birlikte dönemlerin çalışma sayıları eşit olmadığından sonuçların doğrusal ve kesin bir “tematik evrim” olarak değil, dönemsel kavramsal farklılaşma olarak yorumlanması daha uygundur.

Bu bulgunun özellikle uluslararası literatürde dijital dönüşüm ile örgütsel çeviklik arasındaki artan ilişkiyle uyumlu olduğu söylenebilir. Örgütsel çeviklik ve Endüstri 4.0 ilişkisini inceleyen çalışmalar teknolojik dönüşüm ortamında çevikliğin önemini vurgulamaktadır (Mrugalska & Ahmed, 2021). Ayrıca dijital dönüşüm bağlamındaki çalışmalar örgütsel çevikliği dijital değişimin yönetilmesinde önemli bir örgütsel kapasite olarak ele almaktadır. Dolayısıyla mevcut çalışmada son dönemde dijital dönüşüm ve dijital liderlik kavramlarının belirginleşmesi, daha geniş literatürdeki dijitalleşme yöneliminin DergiPark kapsamındaki örgütsel çeviklik çalışmalarında da karşılık bulduğunu düşündürmektedir.

4.6. Çalışmaların Yöntemsel Profili

Araştırmanın son aşamasında 62 çalışmanın özetlerinde açıkça belirtilen yöntemsel unsurlar incelenmiştir. Analiz sonucunda veri toplama yöntemi, analiz tekniği, kullanılan yazılım ve araştırma yaklaşımına ilişkin farklı göstergeler belirlenmiştir.

Tablo 2. Çalışma Özetlerinde Tespit Edilen Yöntemsel Göstergeler

Kategori	Yöntemsel unsur	n	%
Veri toplama	Anket	31	50
Analiz tekniği	Yapısal Eşitlik Modellemesi	14	22,6
Analiz tekniği	Regresyon	11	17,7
Analiz tekniği	Korelasyon	10	16,1
Analiz tekniği	Faktör Analizi	10	16,1
Analiz tekniği	FUCOM	1	1,6
Analiz tekniği	TOPSIS	1	1,6
Yazılım	SPSS	14	22,6
Yazılım	AMOS	10	16,1
Araştırma yaklaşımı	Nitel	9	14,5
Araştırma yaklaşımı	Literatür/Derleme	7	11,3
Araştırma yaklaşımı	Kavramsal	6	9,7
Araştırma yaklaşımı	Bibliyometrik	2	3,2

Tablo 2 incelendiğinde en belirgin yöntemsel unsurun anket olduğu görülmektedir. İncelenen 62 çalışmanın 31'inin (%50,0) özetinde anket ifadesi açık biçimde yer almaktadır. Analiz teknikleri içerisinde Yapısal Eşitlik Modellemesi (YEM) 14 çalışmayla (%22,6) ilk sırada bulunurken, bunu regresyon (%17,7), korelasyon (%16,1) ve faktör analizi (%16,1) izlemektedir. Yazılım kullanımına ilişkin ifadelerde SPSS 14 (%22,6), AMOS ise 10 (%16,1) çalışmanın özetinde tespit edilmiştir.

Araştırma yaklaşımları açısından nitel yönteme ilişkin göstergeler dokuz (%14,5), literatür taraması/derleme yedi (%11,3), kavramsal çalışma altı (%9,7) ve bibliyometrik yaklaşım iki (%3,2) çalışmada belirlenmiştir. FUCOM ve TOPSIS gibi çok kriterli karar verme tekniklerinin ise birer çalışmada (%1,6) kullanıldığı görülmektedir. Bu dağılım, DergiPark kapsamındaki örgütsel çeviklik çalışmalarında ankete dayalı nicel araştırma ve çok değişkenli istatistiksel analizlerin belirgin bir yöntemsel ağırlığa sahip olduğunu düşündürmektedir.

Ancak Tablo 2'deki yüzdelerin birbirinden bağımsız kategoriler olmadığı özellikle belirtilmelidir. Örneğin aynı çalışma anket kullanmış, verileri SPSS ile analiz etmiş ve regresyon veya faktör analizi gerçekleştirmiş olabilir. Dolayısıyla yüzdelerin toplamının %100 olması beklenmemektedir. Ayrıca yöntemsel profil tam metin kodlamasına değil, çalışmaların özetlerinde açıkça bulunan yöntem göstergelerine dayanmaktadır. Uygulanan genişletilmiş yöntem sözlüğü sonucunda 62 çalışmanın 53'ünde (%85,5) en az bir yöntemsel gösterge belirlenmiş; dokuz çalışmada (%14,5) ise kullanılan sözlük kapsamında özet metninden açık bir yöntem göstergesi tespit edilememiştir. Bu çalışmalar için yöntem varsayımı yapılmaması, bulguların tekrarlanabilirliği ve yorumların veri sınırları içerisinde tutulması bakımından tercih edilmiştir.

Bulgular bir bütün olarak değerlendirildiğinde, DergiPark'taki örgütsel çeviklik çalışmalarının özellikle 2021 sonrasında sayısal olarak genişlediği; kavramsal yapının performans, liderlik ve rekabet temalarının yanında giderek dijital dönüşüm, dijital liderlik ve Endüstri 4.0 eksenlerine yöneldiği; buna karşılık yöntemsel açıdan anket temelli nicel araştırmaların ve YEM, regresyon, korelasyon ve faktör analizi gibi tekniklerin önemli bir ağırlığa sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, örgütsel çeviklik araştırmalarının hem tematik genişleme hem de dijitalleşmeyle bütünleşme eğilimi gösterdiğini ortaya koyarken, yöntemsel çeşitliliğin geliştirilmesinin gelecekteki araştırmalar açısından önemli bir alan oluşturabileceğine işaret etmektedir.

5. SONUÇ

Örgütlerin giderek daha değişken, belirsiz ve teknoloji yoğun bir çevrede faaliyet göstermeleri, değişimleri zamanında algılama ve bu değişimlere etkili biçimde karşılık verebilme yeteneğini önemli bir rekabet unsuru hâline getirmiştir. Bu bağlamda örgütsel çeviklik, yalnızca değişime hızlı tepki verilmesini ifade eden operasyonel bir özellik olmaktan çıkarak stratejik yönetim, liderlik, dijitalleşme, performans ve dinamik yetenekler gibi farklı araştırma alanlarıyla ilişkilendirilen çok boyutlu bir kavrama dönüşmüştür. Walter (2021), örgütsel çeviklik literatüründeki farklı araştırma akımlarını bütünleştirerek kavramı değişken çevre koşullarında işletme performansının geliştirilmesine katkı sağlayabilecek dinamik bir yetenek olarak değerlendirmektedir. Benzer şekilde Teece et al. (2016), derin belirsizlik koşullarında örgütsel çevikliğin geliştirilmesinde güçlü dinamik yeteneklerin önemini vurgulamaktadır.

Bu araştırmada DergiPark'ta örgütsel çeviklik konusunda yayımlanan ve belirlenen ölçütleri karşılayan 62 akademik çalışma metin madenciliği yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular öncelikle örgütsel çeviklik konusuna yönelik akademik ilginin özellikle son

yıllarda arttığını göstermektedir. İncelenen yayınların 2017–2020 döneminde sınırlı sayıda olduğu, 2021 sonrasında ise belirgin bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Araştırma kapsamındaki çalışmaların 53 farklı dergide yayımlanmış olması ise örgütsel çeviklik konusunun belirli bir yayın alanında yoğunlaşmaktan ziyade farklı yönetim ve sosyal bilim dergilerine yayılan bir araştırma alanı hâline geldiğine işaret etmektedir.

Metinsel analizler, DergiPark kapsamındaki örgütsel çeviklik araştırmalarının kavramsal odağının oldukça çeşitlendiğini ortaya koymuştur. Özetlerde "dijital", "performans", "liderlik", "örgüt", "rekabet", "yönetim" ve "dönüşüm" gibi kavramların öne çıkması; örgütsel çevikliğin teknolojik dönüşümün yanı sıra örgütsel ve yönetsel değişkenlerle birlikte ele alındığını göstermektedir. N-gram analizi bu görünümü daha açık hâle getirmiş ve "dijital dönüşüm", "Endüstri 4.0", "rekabet avantajı", "yapısal sermaye", "firma performansı", "örgüt kültürü", "işletme performansı", "lider-üye etkileşimi", "dijital liderlik", "dijital yönetişim" ve "dinamik yetenekler" gibi tematik kavram öbeklerinin ön plana çıktığını göstermiştir. Bu sonuçlar, örgütsel çevikliğin güncel literatürde teknolojik, stratejik ve örgütsel değişkenlerin kesişiminde incelendiğini düşündürmektedir. Nitekim Mrugalska ve Ahmed (2021), Endüstri 4.0 teknolojilerinin benimsenmesi ile örgütsel çeviklik arasında karşılıklı bir ilişki bulunduğunu ve çevikliğin yeni teknolojilerin oluşturduğu değişim ve belirsizliklerin yönetilmesinde önemli bir yetenek olduğunu belirtmektedir.

Araştırmanın dikkat çekici sonuçlarından biri de örgütsel çeviklik literatürünün kavramsal odağındaki dönemsel farklılaşmadır. 2017–2020 döneminde bilgi yönetimi gibi kavramlar daha görünürken, 2021–2023 döneminde işletme performansı, Endüstri 4.0, insan kaynakları yönetimi ve personel güçlendirme gibi temalar belirginleşmiştir. 2024–2026 döneminde ise dijital dönüşüm ve dijital liderlik kavramlarının öne çıktığı görülmüştür. Bu bulgu, örgütsel çeviklik çalışmalarının klasik uyum, bilgi ve örgütsel yetenek tartışmalarının ötesine geçerek dijital dönüşüm ekseniyle daha yoğun biçimde bütünleşmeye başladığına işaret etmektedir. Bununla birlikte ilk dönemde yalnızca altı çalışma bulunması ve dönemlerdeki yayın sayılarının birbirinden farklı olması nedeniyle söz konusu bulguların doğrusal bir tematik evrim olarak değil, incelenen literatürde gözlenen dönemsel kavramsal farklılaşma olarak değerlendirilmesi daha uygundur. Uluslararası literatürde örgütsel çeviklik araştırmalarının zaman içerisinde farklı çeviklik türlerine ve araştırma akımlarına doğru genişlediğinin belirtilmesi de bu yorumla uyumludur (Walter, 2021).

Çalışmanın yöntemsel bulguları ise incelenen literatürde nicel araştırma yaklaşımının belirgin bir ağırlığa sahip olduğuna işaret etmektedir. Çalışmaların %50'sinin özetinde anket

kullanımının belirtilmesi; yapısal eşitlik modellemesi, regresyon, korelasyon ve faktör analizi gibi tekniklerin öne çıkması ve SPSS ile AMOS'un en sık belirtilen analiz yazılımları olması bu değerlendirmeyi desteklemektedir. Buna karşılık nitel, kavramsal ve bibliyometrik çalışmaların daha sınırlı düzeyde temsil edilmesi, gelecekteki örgütsel çeviklik araştırmalarında yöntemsel çeşitliliğin artırılabileceğine işaret etmektedir. Özellikle karma yöntem araştırmaları, derinlemesine nitel çalışmalar, boylamsal araştırma tasarımları ve farklı sektörlerin karşılaştırıldığı çalışmalar örgütsel çevikliğin oluşum ve dönüşüm süreçlerinin daha ayrıntılı biçimde anlaşılmasına katkı sağlayabilir.

Araştırmanın teorik katkısı, DergiPark kapsamındaki örgütsel çeviklik literatürünü yalnızca yayın sayıları açısından değerlendirmek yerine kavramsal, ilişkisel, dönemsel ve yöntemsel boyutları birlikte ele almasıdır. Kelime frekansı, n-gram, anahtar kelime eş-oluşum ve dönemsel dağılım analizlerinin birlikte kullanılması, literatürde hangi kavramların görünür olduğunun yanı sıra bu kavramların hangi tematik yapılar içerisinde bir araya geldiğinin belirlenmesini sağlamıştır. Bulgular özellikle dijital dönüşüm, dijital liderlik ve Endüstri 4.0 eksenlerinin son dönem araştırmalarında belirginleştiğini göstermektedir. Bu sonuç, örgütsel çevikliğin teknolojik dönüşüm karşısında örgütlerin sahip olması gereken önemli yeteneklerden biri olduğu yönündeki uluslararası literatürle örtüşmektedir (Mrugalska & Ahmed, 2021; Teece vd., 2016).

Araştırmanın sonuçları uygulama açısından da bazı çıkarımlar sunmaktadır. Örgütsel çevikliğin performans, rekabet avantajı, liderlik, örgüt kültürü ve dijital dönüşüm gibi kavramlarla birlikte ele alınması, işletmeler açısından çevikliğin yalnızca hızlı karar verme veya esnek çalışma uygulamalarına indirgenmemesi gerektiğini göstermektedir. Yöneticilerin teknolojik dönüşüm yatırımlarını örgüt kültürü, liderlik, insan kaynakları ve dinamik yeteneklerin geliştirilmesiyle birlikte değerlendirmeleri önem taşımaktadır. Bununla birlikte çevikliğin her koşulda mümkün olan en yüksek düzeye çıkarılması gereken bir özellik olarak değerlendirilmemesi gerekir. Teece et al. (2016), örgütsel dönüşümün maliyetleri bulunduğuna dikkat çekerek gerekli çeviklik düzeyinin çevresel belirsizlik ve örgütsel gereksinimlerle uyumlu biçimde belirlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. İlk olarak çalışma DergiPark veri kaynağıyla sınırlandırılmıştır. Dolayısıyla elde edilen sonuçlar Türkiye'deki örgütsel çeviklik literatürünün tamamını temsil eden sonuçlar olarak değil, belirlenen ölçütler doğrultusunda DergiPark'ta erişilen çalışmaların görünümü olarak değerlendirilmelidir. İkinci olarak metin madenciliği analizleri temel olarak yayınların başlık, özet ve anahtar kelime alanlarına dayanmaktadır;

çalışmaların tam metinleri analiz edilmemiştir. Üçüncü olarak yöntemsel profil, özetlerde açıkça ifade edilen yöntem göstergelerinden oluşturulduğundan, tam metinde kullanılan ancak özette belirtilmeyen bazı yöntem ve analiz tekniklerinin tespit edilememiş olması mümkündür. Ayrıca kelime temizleme, stop-word belirleme ve tematik kavram öbeklerinin anlamsal kontrolü gibi işlemler belirli ölçüde araştırmacı kararını içermektedir. Bu durum metin madenciliği sonuçlarının yorumlanmasında dikkate alınmalıdır.

Gelecekte yapılacak araştırmalarda veri kaynağının Web of Science, Scopus ve diğer ulusal/uluslararası akademik veri tabanlarını kapsayacak biçimde genişletilmesi, DergiPark sonuçlarının uluslararası örgütsel çeviklik literatürüyle karşılaştırılmasına olanak sağlayabilir. Ayrıca tam metin madenciliği, konu modelleme, atıf analizi, ortak yazarlık ağları ve daha gelişmiş anlamsal analiz tekniklerinin kullanılması literatürün farklı boyutlarının ortaya çıkarılmasına katkıda bulunabilir. Özellikle bu araştırmada son dönemde belirginleştiği görülen dijital dönüşüm ve dijital liderlik temalarının gelecekteki çalışmalarda farklı sektörler ve örgütsel bağlamlar açısından incelenmesi önemli görünmektedir. Sonuç olarak bu çalışma, DergiPark kapsamındaki örgütsel çeviklik literatürünün gelişimini sistematik ve veri temelli bir yaklaşımla ortaya koyarak, alanın mevcut kavramsal ve yöntemsel görünümünün anlaşılmasına ve gelecekteki araştırma yönelimlerinin belirlenmesine katkı sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

Alakaş, E. Ö. (2024). Digital transformational leadership and organizational agility in digital transformation: Structural equation modelling of the moderating effects of digital culture and digital strategy. *The Journal of High Technology Management Research, 35*(2), 100517. https://doi.org/10.1016/j.hitech.2024.100517

Csárdi, G., & Nepusz, T. (2006). The igraph software package for complex network research. *InterJournal, Complex Systems*, 1695.

Lu, Y., & Ramamurthy, K. (2011). Understanding the link between information technology capability and organizational agility: An empirical examination. *MIS Quarterly, 35*(4), 931–954. https://doi.org/10.2307/41409967

Mrugalska, B., & Ahmed, J. (2021). Organizational agility in Industry 4.0: A systematic literature review. *Sustainability, 13*(15), 8272. https://doi.org/10.3390/su13158272

Overby, E., Bharadwaj, A., & Sambamurthy, V. (2006). Enterprise agility and the enabling role of information technology. *European Journal of Information Systems, 15*(2), 120–131. https://doi.org/10.1057/palgrave.ejis.3000600

Sambamurthy, V., Bharadwaj, A., & Grover, V. (2003). Shaping agility through digital options: Reconceptualizing the role of information technology in contemporary firms. *MIS Quarterly, 27*(2), 237–263. https://doi.org/10.2307/30036530

Sharifi, H., & Zhang, Z. (1999). A methodology for achieving agility in manufacturing organisations: An introduction. *International Journal of Production Economics, 62*(1–2), 7–22. https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00217-5

Silge, J., & Robinson, D. (2016). tidytext: Text mining and analysis using tidy data principles in R. *Journal of Open Source Software, 1*(3), 37. https://doi.org/10.21105/joss.00037

Silge, J., & Robinson, D. (2017). *Text mining with R: A tidy approach*. O'Reilly Media.

Teece, D., Peteraf, M., & Leih, S. (2016). Dynamic capabilities and organizational agility: Risk, uncertainty, and strategy in the innovation economy. *California Management Review, 58*(4), 13–35. https://doi.org/10.1525/cmr.2016.58.4.13
Walter, A.-T. (2021). Organizational agility: Ill-defined and somewhat confusing? A systematic literature review and conceptualization. *Management Review Quarterly, 71*(2), 343–391. https://doi.org/10.1007/s11301-020-00186-6
Weiss, S. M., Indurkhya, N., Zhang, T., & Damerau, F. J. (2005). *Text mining: Predictive methods for analyzing unstructured information*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-34555-0
Wickham, H., & Bryan, J. (2026). *readxl: Read Excel files* (R package version 1.5.0) [Computer software].

AB TOPRAK İZLEME VE DAYANIKLILIK DİREKTİFİ VE TÜRK TARIMI: SÜRDÜRÜLEBİLİR TOPRAK YÖNETİMİ AÇISINDAN BİR DEĞERLENDİRME

Dr. Öğr. Üyesi Erkin Cihangir KARATAŞ
Atatürk Üniversitesi, Oltu Beşeri ve Sosyal Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Erzurum
ORCID ID: 0000-0002-4906-9696

ÖZET

Toprak, insan ömrü ölçeğinde yenilenemeyen ve tarımsal üretimin temelini oluşturan bir doğal kaynaktır. Avrupa Birliği (AB), toprak sağlığını izlemek ve iyileştirmek amacıyla Kasım 2025'te 2025/2360 sayılı Toprak İzleme ve Dayanıklılık Direktifi'ni kabul etmiştir. Direktif, 2050 yılına kadar sağlıklı topraklara ulaşmayı amaçlamakta ve üye ülkelere ortak toprak tanımlayıcılarına dayalı bir izleme ve değerlendirme çerçevesi kurma yükümlülüğü getirmektedir. Tuzlanma, organik karbon kaybı, sıkışma, erozyon ve kirlilik gibi bozulma türleri için tanımlayıcılar belirlenmiş; toprak sağlığının altı yılda bir değerlendirilmesi ve sonuçların kamuoyuyla paylaşılması öngörülmüştür. Bu çalışmanın amacı, Direktif'in içeriğini ve iktisadi gerekçesini ortaya koymak ve Türk tarımı açısından bir değerlendirme yapmaktır. Çalışmada nitel bir yöntem izlenmiş; AB ve Türkiye mevzuatı, resmî kurum raporları ve ilgili literatür incelenmiştir. İnceleme, Türkiye'deki toprak koruma çerçevesinin ağırlıklı olarak tarım arazilerinin miktarını korumaya, yani amacı dışında kullanımını önlemeye yönelik olduğunu göstermektedir. AB Direktifi ise toprağın niteliğini, yani sağlığını düzenli olarak izlemeyi ön plana çıkarmaktadır. Türkiye'de toprak verisi ve organik karbon haritalaması alanında önemli bir altyapı bulunmakla birlikte, toprak sağlığının ortak ölçütlerle ve düzenli aralıklarla izlenmesi geliştirilebilecek bir alan olarak öne çıkmaktadır. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü verilerine göre tarım arazilerindeki ortalama organik karbon stoğu hektar başına yaklaşık 36 ton ile orman ve meraların altında kalmaktadır. Bu durum, toprak yönetimi uygulamalarıyla iyileştirme yapılabilecek bir alan bulunduğunu düşündürmektedir. Çalışma, mevcut veri çalışmalarının düzenli aralıklarla tekrarlanmasının, sonuçların üreticiyle paylaşılmasının ve destek araçlarının ölçülebilir toprak göstergelerine bağlanmasının önemini vurgulamaktadır. Sonuç olarak toprak sağlığına ilişkin bilginin üretilmesinin ve paylaşılmasının, Türk tarımının sürdürülebilirliğine katkı sağlayabileceği sonucuna ulaşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Tarım Ekonomisi, Toprak Sağlığı, Avrupa Yeşil Mutabakatı, Avrupa Birliği

JEL Kodları: Q15, Q24, Q58

THE EU SOIL MONITORING AND RESILIENCE DIRECTIVE AND TURKISH AGRICULTURE: AN ASSESSMENT FROM THE PERSPECTIVE OF SUSTAINABLE SOIL MANAGEMENT

ABSTRACT

Soil is a natural resource that cannot be renewed within a human lifetime and forms the basis of agricultural production. In November 2025 the European Union (EU) adopted Directive (EU) 2025/2360 on soil monitoring and resilience in order to monitor and improve soil health. The Directive aims to achieve healthy soils by 2050 and requires Member States to set up a monitoring and assessment framework based on common soil descriptors. Descriptors are set for types of degradation such as salinisation, loss of organic carbon, compaction, erosion and contamination, and soil health is to be assessed every six years with the results made public. This study aims to set out the content and economic rationale of the Directive and to assess it from the perspective of Turkish agriculture. A qualitative method is followed, and EU and Turkish legislation, official institutional reports and the relevant literature are reviewed. The review shows that the soil protection framework in Türkiye mainly aims to protect the quantity of agricultural land, that is, to prevent its use for non-agricultural purposes. The EU Directive, in contrast, places the regular monitoring of soil quality, that is, soil health, at the centre. Although Türkiye has a significant infrastructure in soil data and organic carbon mapping, the monitoring of soil health with common criteria and at regular intervals stands out as an area for further development. According to the General Directorate of Combating Desertification and Erosion, the average organic carbon stock of agricultural land, at about 36 tonnes per hectare, remains below that of forests and pastures. The study stresses repeating existing data work at regular intervals, sharing results with producers, and linking support instruments to measurable soil indicators. It concludes that producing and sharing information on soil health may contribute to the sustainability of Turkish agriculture.

Keywords: Sustainability, Agricultural Economics, Soil Health, European Green Deal, European Union

1. GİRİŞ

Toprak, gıda üretiminin, temiz suyun ve karbon depolamanın temelinde yer alan bir doğal kaynaktır. Bu kaynağın en önemli özelliği, insan ömrü ölçeğinde yenilenememesidir. AB'nin toprak düzenlemesinin gerekçesinde, 1 santimetrelik üst toprağın oluşmasının yüzlerce yıl sürebildiği, bozulmanın ve kaybın ise hızla gerçekleşebildiği vurgulanmaktadır (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2025, gerekçe 5). Bu nedenle toprak, iktisadi açıdan yenilenemeyen

bir sermaye stoku gibi ele alınabilir. Bugün yapılan kullanım, gelecekteki üretim imkânlarını doğrudan etkilemektedir.

Arazi ve toprak bozulması küresel bir sorundur. Nkonya vd. (2016), arazi bozulmasının hem düşük hem yüksek gelirli ülkelerde görüldüğünü ve küresel kara alanının yaklaşık %30'una yayıldığını belirtmektedir. AB'de toprakların %60–70'inin bozulmuş olduğu ve bozulmanın sürdüğü tahmin edilmektedir. Toprak bozulmasının AB'ye yıllık maliyeti ise on milyarlarca avro düzeyindedir (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2025, gerekçe 2 ve 5). Bu maliyetin bir kısmı doğrudan tarımsal verimlilik kaybı olarak ortaya çıkmaktadır. Panagos vd. (2018), AB'de şiddetli su erozyonuna maruz kalan yaklaşık 12 milyon hektar tarım alanının her yıl verimliliğinin yaklaşık %0,43'ünü kaybettiğini ve bu kaybın yıllık maliyetinin yaklaşık 1,25 milyar avro olduğunu hesaplamıştır.

AB bu soruna karşı Kasım 2025'te 2025/2360 sayılı Toprak İzleme ve Dayanıklılık Direktifi'ni kabul etmiştir. Direktif, AB'de ilk kez tüm toprakları kapsayan ortak bir izleme çerçevesi kurmaktadır (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2025). Direktif, Avrupa Yeşil Mutabakatı ve bu çerçevede hazırlanan strateji belgelerinin bir devamı niteliğindedir. Türkiye açısından Direktif'in önemi iki yönlüdür. Birincisi, Türk tarımı da erozyon, organik madde kaybı ve tarım arazilerinin amacı dışında kullanımı gibi sorunlarla karşı karşıyadır. İkincisi, AB ile ilişkiler ve AB pazarına yönelik tarımsal ihracat, AB'nin çevre ve tarım politikalarındaki gelişmeleri Türkiye için de izlenmesi gereken bir alan haline getirmektedir.

Literatürde toprak bozulması çoğunlukla toprak bilimi ve çevre bilimleri açısından ele alınmıştır. Türkiye'de tarım arazilerinin amacı dışında kullanımını yerel örnekler üzerinden inceleyen çalışmalar bulunmaktadır (Doğru ve Gündoğdu, 2025; Karataş, 2023). Bu çalışma kapsamında yapılan literatür taramasında, 2025 yılında kabul edilen AB Toprak İzleme ve Dayanıklılık Direktifi'ni Türk tarımı açısından tarım ekonomisi bakışıyla değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma, bu alana katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Çalışmanın amacı, Direktif'in içeriğini ve iktisadi gerekçesini ortaya koymak ve Türk tarımı açısından bir değerlendirme yapmaktır. Çalışmada nitel bir yöntem izlenmiştir. Direktif metni, Türkiye'deki toprak koruma mevzuatı, kamu kurumlarının toprak verisine ilişkin raporları ve ilgili literatür incelenmiştir. Araştırma ve Bulgular bölümünde önce Direktif'in kapsamı ve iktisadi gerekçesi açıklanmakta, ardından Türkiye'deki toprak koruma çerçevesi ve veriler incelenmekte, son olarak Türk tarımı için fırsatlar ve engeller tartışılmaktadır. Son bölümde ise sonuçlar sunulmaktadır.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. AB Toprak İzleme ve Dayanıklılık Direktifi ve İktisadi Gerekçesi

2025/2360 sayılı Direktif 12 Kasım 2025'te kabul edilmiş ve 26 Kasım 2025'te AB Resmî Gazetesi'nde yayımlanmıştır. Direktif'in amacı, AB'deki tüm topraklar için tutarlı bir izleme çerçevesi kurmak, toprak kirliliğini zararsız düzeylere indirmek ve toprak sağlığını sürekli olarak iyileştirmektir. Bu hedefler, 2050 yılına kadar sağlıklı topraklara ulaşma amacına bağlanmıştır. Direktif, bu amacı iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı ve gıda güvenliği ile birlikte tanımlamaktadır (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2025, md. 1). Kapsam, üye ülkelerin topraklarının tamamıdır (md. 2). Üye ülkelerin Direktif'i 17 Aralık 2028'e kadar iç hukuklarına aktarması gerekmektedir (md. 26).

Direktif'in temel aracı izleme ve değerlendirmedir. Üye ülkeler topraklarını toprak bölgelerine ve toprak birimlerine ayıracak (md. 4) ve bu birimlerde toprak sağlığını düzenli olarak izleyecektir. İzleme çerçevesi mevcut ulusal sistemlerin yanı sıra AB'nin arazi kullanımı ve arazi örtüsü anketi LUCAS verilerinden de yararlanacaktır (md. 6). Toprak sağlığı her altı yılda bir değerlendirilecek, ilk değerlendirme 17 Aralık 2031'e kadar tamamlanacaktır (md. 10). Değerlendirmede kullanılacak toprak tanımlayıcıları ve sağlıklı toprak ölçütleri Direktif'in ekinde yer almaktadır. Tablo 1'de bu tanımlayıcıların bir bölümü özetlenmiştir.

Tablo 1. Direktif'te yer alan bazı toprak tanımlayıcıları ve sağlıklı toprak ölçütleri

Bozulma türü	Toprak tanımlayıcısı	Bağlayıcı olmayan sürdürülebilir hedef değer	Ölçütü belirleyen düzey
Tuzlanma	Elektriksel iletkenlik	< 4 dS/m (doymuş toprak hamuru özütü)	AB
Organik karbon kaybı (mineral topraklar)	Organik karbon / kil oranı	> 1/13	AB
Alt toprak sıkışması	Alt toprağın hacim ağırlığı	Toprak bünyesine göre < 1,47 ile < 1,80 g/cm³ arası	AB
Aşırı besin maddesi	Alınabilir fosfor	Üye ülkenin belirleyeceği azami değer	Üye ülke
Erozyon	Toprak erozyon hızı (ton/hektar/yıl)	Üye ülkenin belirleyeceği azami değer	Üye ülke
Kirlilik	Ağır metal ve seçilmiş organik kirletici yoğunluğu	Kabul edilemez risk bulunmadığına dair makul güvence	Üye ülke

Kaynak: Avrupa Parlamentosu ve Konseyi (2025), Ek I, A ve B bölümleri.

Tablo 1, Direktif'in iki katmanlı bir yapı kurduğunu göstermektedir. Bazı ölçütler AB düzeyinde belirlenmiş, bazılarının belirlenmesi ise üye ülkelere bırakılmıştır. Hedef değerlerin bağlayıcı olmaması da dikkat çekicidir. Direktif, üye ülkelerden belirli bir toprak sağlığı düzeyine ulaşmayı doğrudan zorunlu tutmamakta, toprağın durumunu ortak ölçütlerle

ölçmesini ve kamuoyuyla paylaşmasını istemektedir. Üye ülkeler izleme sonuçlarını ve toprak sağlığı değerlendirmelerini toplulaştırılmış veri olarak kamuya açıklayacaktır (md. 20).

Direktif izlemenin yanında iki ek alanı da düzenlemektedir. Birincisi, toprak sağlığının iyileştirilmesine destektir. Üye ülkeler arazi sahiplerine ve arazi kullanıcılarına bilimsel temelli ve bağımsız danışmanlığa erişim sağlayacak, mevcut finansman olanaklarının güncel bir dökümünü sunacak ve teknik ve mali ihtiyaçları düzenli olarak değerlendirecektir (md. 11). İkincisi, arazi kaybının sınırlandırılmasıdır. Yeni yapılaşma ve toprak sıyırılması durumunda, gıda üretimi dahil ekosistem hizmetlerinin kaybının en aza indirilmesi ve mümkün olduğunca telafi edilmesi ilkeleri gözetilecektir (md. 12). Direktif ayrıca kirlenmiş alanların belirlenmesi ve yönetilmesi için de bir çerçeve getirmektedir.

Direktif'in iktisadi gerekçesi üç noktada toplanabilir. Birincisi, toprak bozulmasının maliyeti piyasada tam olarak görünmemektedir. Bozulmanın bir kısmı verim kaybı olarak üreticiye yansırken, karbon kaybı, su kalitesinin bozulması ve sel riskinin artması gibi sonuçlar topluma yayılmaktadır. Direktif'in gerekçesinde toprak sağlığının iyileştirilmesinin iktisadi açıdan anlamlı olduğu ve arazi değerini önemli ölçüde artırabileceği belirtilmektedir (gerekçe 5). İkincisi, toprak sağlığına ilişkin bilgi eksiktir ve taraflar arasında eşit dağılmamaktadır. Direktif, toprak sağlığı verilerinin çiftçiler ve arazi sahipleriyle paylaşılmasının ve arazi alacak ya da kiralayacak kişilerin talep halinde bu verilere ulaşabilmesinin önemine dikkat çekmektedir (gerekçe 53). Bu konu, arazi mülkiyeti ile toprak sağlığı arasındaki ilişkiyle de bağlantılıdır. Stevens (2022), kısa süreli kiracı çiftçilerin toprağın gelecekteki verimini gözetmek yerine cari üretimi öne çıkarma eğiliminde olduğunu bir üretim modeli yardımıyla ortaya koymaktadır. Yazar, sahibi tarafından işlenen arazilerin payını veya uzun süreli kira sözleşmelerini artıran politikaların toprak sağlığını da iyileştireceğini ileri sürmektedir. Toprak sağlığı bilgisinin arazi fiyatlarına yansıması, bu sorunun hafifletilmesine katkı sağlayabilir.

Üçüncüsü, toprak sağlığını iyileştiren uygulamaların faydaları uzun vadede ortaya çıkmakta, maliyetleri ise kısa vadede üreticiye düşmektedir. Bu nedenle destek araçları önem taşımaktadır. Direktif'in gerekçesinde Ortak Tarım Politikası'nın (OTP) çapraz uyum, ekolojik planlar ve kırsal kalkınma tedbirleri yoluyla toprak sağlığını desteklediği belirtilmektedir. Aynı yerde özel sektörün gönüllü sürdürülebilirlik etiketlerinin de üreticilerin toprak sağlığına katkısını ürün değerine yansıtabileceği ifade edilmektedir (gerekçe 55). Bununla birlikte, mevcut araçların etkisine ilişkin kanıtlar sınırlıdır. Winkler vd. (2024), AB politikalarında toprak sağlığının daha çok verimlilik ve organik madde üzerinden ele alındığını ve politika araçlarının toprak sağlığına katkısına dair literatürde az sayıda kanıt bulunduğunu tespit

etmiştir. Yazarlar, piyasa temelli araçların kamu politikalarını tamamlayabileceğini önermektedir. Bu bulgular, Direktif'in izleme yoluyla üreteceği verinin, ileride daha iyi tasarlanmış destek araçları için de bir zemin oluşturabileceğini düşündürmektedir.

2.2. Türkiye'de Toprak Koruma Çerçevesi ve Veriler

Türkiye'de toprağın korunmasına ilişkin temel düzenleme, 2005 yılında kabul edilen 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu'dur. Kanun'un amacı; toprağın korunması, geliştirilmesi, tarım arazilerinin sınıflandırılması, tarımsal arazilerin bölünmesinin önlenmesi ve bu arazilerin çevre öncelikli sürdürülebilir kalkınma ilkesine uygun olarak planlı kullanımının sağlanmasıdır (Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu, 2005, md. 1). Kanun'un ağırlık merkezini tarım arazilerinin amacı dışında kullanımının önlenmesi oluşturmaktadır. Mutlak tarım arazileri, özel ürün arazileri, dikili tarım arazileri ve sulu tarım arazileri tarımsal üretim amacı dışında kullanılamaz. Ancak alternatif alan bulunmaması ve Kurul'un uygun görmesi şartıyla savunma, madencilik, kamu yararı kararı alınmış yatırımlar ve yenilenebilir enerji gibi belirli durumlarda izin verilebilmektedir (md. 13). Erozyon, kirlenme ve amacı dışında kullanım nedeniyle toprak kaybının hızlı geliştiği ovalar ise büyük ova koruma alanı olarak belirlenebilmekte ve bu alanlarda tarım dışı kullanım daha sıkı koşullara bağlanmaktadır (md. 14). Kanun, toprak koruma kurullarına izleme yapma ve toprak korumaya yönelik önlemleri değerlendirme görevi de vermektedir (md. 6).

Kanun'un uygulanmasına ilişkin yerel çalışmalar, tarım arazileri üzerindeki baskının sürdüğünü göstermektedir. Doğru ve Gündoğdu (2025), Bursa ilinde 2018–2022 döneminde tarım arazileri için yapılan tarımsal yapı ve tarım dışı kullanım izin başvurularını incelemiştir. Karataş (2023) ise Niğde'nin Kemerhisar beldesinde tarım arazilerinin amacı dışında kullanımını uydu görüntüleri ve saha gözlemleriyle değerlendirmiş ve bu kullanımın tarımsal sürdürülebilirliği zayıflattığı sonucuna ulaşmıştır.

Toprak verisi alanında da önemli çalışmalar yapılmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, FAO desteğiyle 2012–2015 yıllarında yürütülen bir projeyle Türkiye'nin tarım toprakları için verimlilik ve organik karbon haritaları hazırlamıştır. Projede pH, tuzluluk, bünye, kireç, organik madde, toplam azot, alınabilir fosfor ve potasyum gibi parametreler kullanılmış; sonuçlar 2017 yılında Ülkesel Toprak Bilgi Sistemi adlı bir web portali aracılığıyla kullanıma açılmıştır (Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü [TAGEM], 2017). Bu parametrelerin bir kısmının AB Direktifi'ndeki toprak tanımlayıcılarıyla örtüştüğü görülmektedir.

Toprak organik karbonu konusunda ise Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü'nün (ÇEM) yürüttüğü proje önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Projede Türkiye'nin 0–30 cm derinlikteki toplam toprak organik karbon stoğu 3,51 milyar ton, hektar başına ortalama stok ise 44 ton olarak hesaplanmıştır (ÇEM, 2018). Tablo 2'de arazi kullanım türlerine göre ortalama stoklar yer almaktadır.

Tablo 2. Türkiye'de arazi kullanım türüne göre ortalama toprak organik karbon stoğu (0–30 cm)

Arazi kullanımı	Ortalama organik karbon stoğu (ton C/hektar)
Orman	55,68
Mera	49,77
Tarım arazisi	35,96
Türkiye ortalaması	44

Kaynak: ÇEM (2018).

Tablo 2, tarım arazilerindeki ortalama organik karbon stoğunun orman ve meralara göre daha düşük olduğunu göstermektedir. Aynı raporda Türkiye topraklarının büyük bölümünde organik madde miktarının oldukça düşük olduğu ve toprağın çıplak bırakılması gibi uygunsuz uygulamaların şiddetli erozyona ve organik karbon kaybına yol açtığı belirtilmektedir (ÇEM, 2018). Organik karbon, AB Direktifi'nde de doğrudan izlenen tanımlayıcılardan biridir. Bu nedenle Türkiye'deki mevcut organik karbon çalışmaları, AB yaklaşımıyla uyumlu bir izleme sistemi için uygun bir başlangıç noktası sunmaktadır.

2.3. Türk Tarımı İçin Değerlendirme: Fırsatlar ve Engeller

AB Direktifi ile Türkiye'deki çerçeve karşılaştırıldığında, iki yapının farklı sorulara odaklandığı görülmektedir. Tablo 3'te bu fark özetlenmiştir.

Tablo 3. AB Toprak İzleme ve Dayanıklılık Direktifi ile Türkiye'deki toprak koruma çerçevesinin karşılaştırılması

Ölçüt	AB Direktifi (2025/2360)	Türkiye (5403 sayılı Kanun ve kurum çalışmaları)
Temel odak	Toprağın niteliği, yani toprak sağlığı	Tarım arazisinin miktarı ve amacı dışında kullanımın önlenmesi
Kapsam	Tüm topraklar	Ağırlıklı olarak tarım arazileri
İzleme	Ortak tanımlayıcılarla, altı yılda bir zorunlu değerlendirme	Proje temelli haritalama ve envanter çalışmaları
Ölçütler	AB ve üye ülke düzeyinde belirlenen bağlayıcı olmayan hedef değerler	Arazi sınıflandırmasına dayalı kullanım kısıtları
Kamuoyu bilgilendirmesi	Toplulaştırılmış izleme sonuçlarının yayımlanması zorunlu	Web portali üzerinden yetkiye bağlı erişim
Destek	Danışmanlık, bilgi ve finansman olanaklarının sunulması	Kanun'da izin ve kısıtlamalar ön planda

Kaynak: Avrupa Parlamentosu ve Konseyi (2025), Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu (2005), TAGEM (2017) ve ÇEM (2018) esas alınarak hazırlanmıştır.

Tablo 3'teki karşılaştırma, iki yapının birbirinin alternatifi değil, tamamlayıcısı olduğunu düşündürmektedir. Türkiye'deki çerçeve tarım arazisinin kaybedilmesini önlemeye yöneliktir. AB Direktifi ise var olan toprağın niteliğinin zaman içinde nasıl değiştiğini izlemeyi amaçlamaktadır. Arazi miktarı korunsa bile, organik madde kaybı, erozyon veya tuzlanma nedeniyle toprağın üretim kapasitesi azalabilir. Bu nedenle Direktif'in odaklandığı nitelik boyutu, Türk tarımı için de anlamlı bir tamamlayıcı unsur olarak değerlendirilebilir.

Türk tarımı açısından ilk fırsat, mevcut veri altyapısıdır. Toprak verimliliği ve organik karbon haritaları, Direktif'in öngördüğü türden bir izleme sistemi için önemli bir başlangıç noktasıdır. Bu çalışmaların belirli aralıklarla tekrarlanması ve sonuçların karşılaştırılabilir biçimde yayımlanması, toprak sağlığındaki değişimin izlenmesini mümkün kılacaktır. Tarım arazilerindeki organik karbon stoğunun orman ve meralara göre düşük olması da toprak yönetimi uygulamalarıyla iyileştirme yapılabilecek bir alan bulunduğunu düşündürmektedir.

İkinci fırsat, bilginin üreticiye ve arazi piyasasına ulaştırılmasıdır. Toprak sağlığına ilişkin bilgi çiftçiler, arazi sahipleri ve kiracılar arasında eşit dağılmadığında, toprağı iyileştiren yatırımların değeri arazi fiyatına ve kira bedeline yansımamaktadır. Stevens (2022), kira ilişkisinin süresinin toprak sağlığına yönelik kararları etkilediğini ortaya koymaktadır. AB Direktifi'nin arazi alıcıları ve kiracılar için toprak verisine erişim imkânını önemsemesi bu açıdan dikkat çekicidir (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2025, gerekçe 53). Türkiye'de de toprak analiz sonuçlarının üreticiye düzenli olarak ulaştırılması, gübreleme ve toprak işleme kararlarının daha bilinçli verilmesine katkı sağlayabilir.

Bu fırsatların yanında bazı engeller de bulunmaktadır. Birincisi maliyettir. Düzenli örnekleme, laboratuvar analizi ve veri yönetimi kamu kaynağı gerektirmektedir. Direktif de AB düzeyinde finansman ihtiyacını kabul etmekte ve uygulamada AB mali programlarından destek öngörmektedir (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2025, md. 18). İkincisi, toprak sağlığını iyileştiren uygulamaların faydası uzun vadede ortaya çıkmaktadır. Kısa vadede gelir baskısı altındaki üreticinin bu uygulamaları kendiliğinden benimsemesi güç olabilir. Winkler vd. (2024) tarafından vurgulandığı gibi, politika araçlarının toprak sağlığı üzerindeki etkisine dair kanıt sınırlıdır. Bu durum, destek araçlarının ölçülebilir toprak göstergelerine bağlanmasının önemini artırmaktadır. Üçüncüsü, tarım arazileri üzerindeki tarım dışı kullanım baskısı sürmektedir. Bu baskı, nitelik odaklı bir izleme sistemi kurulurken miktar odaklı korumadan vazgeçilmemesi gerektiğini göstermektedir.

Bu değerlendirmeler sürdürülebilirliğin üç boyutuyla ilişkilendirilebilir. Çevresel boyutta toprak sağlığı, karbon depolama ve su tutma kapasitesiyle iklim değişikliğine uyumu

desteklemektedir. Ekonomik boyutta, toprak verimliliğinin korunması tarımsal üretimin uzun dönemli kapasitesini korumakta ve Panagos vd. (2018) tarafından AB için hesaplanan türden verimlilik kayıplarını sınırlamaktadır. Toplumsal boyutta ise gıda güvenliği ve kırsal geçim kaynaklarının sürekliliği ön plana çıkmaktadır. Çalışmanın nitel yapısı, bulguların bir politika çerçevesi sunacak biçimde yorumlanmasını gerektirmektedir. Düzenli izleme verilerinin oluşmasıyla birlikte, toprak sağlığı ile tarımsal verim ve arazi değerleri arasındaki ilişkiyi inceleyen nicel çalışmalar da mümkün hale gelecektir.

3. SONUÇ

AB Toprak İzleme ve Dayanıklılık Direktifi, toprağı yenilenemeyen bir doğal sermaye olarak ele almakta ve bu sermayenin niteliğinin ortak ölçütlerle düzenli olarak izlenmesini hedeflemektedir. Direktif, üye ülkelere bağlayıcı bir toprak sağlığı düzeyi dayatmak yerine ölçme, değerlendirme ve bilgiyi paylaşma yükümlülüğü getirmektedir. Bu yaklaşımın iktisadi mantığı, toprak bozulmasının maliyetinin piyasada görünmemesine ve toprak sağlığına ilişkin bilginin taraflar arasında eşit dağılmamasına dayanmaktadır. Güvenilir ve kamuya açık toprak verisi, hem destek araçlarının daha iyi tasarlanmasını hem de toprak sağlığının arazi değerine yansımasını mümkün kılabilir.

Türkiye'deki toprak koruma çerçevesi, tarım arazilerinin amacı dışında kullanımını önlemeye odaklanmakta ve bu yönüyle Türk tarımı için vazgeçilmez bir işlev görmektedir. Bu çalışmanın ulaştığı sonuca göre, miktar odaklı bu korumaya toprağın niteliğini izleyen bir boyutun eklenmesi Türk tarımının uzun dönemli üretim kapasitesinin korunmasına katkı sağlayabilir. Toprak verimliliği ve organik karbon alanında yapılmış çalışmalar, böyle bir sistem için güçlü bir başlangıç noktası sunmaktadır. Bu çalışmaların düzenli aralıklarla tekrarlanması, sonuçların üreticiyle paylaşılması ve destek araçlarının ölçülebilir toprak göstergeleriyle ilişkilendirilmesi, toprak sağlığını Türk tarımının sürdürülebilirliği için izlenebilir bir hedef haline getirebilir.

KAYNAKÇA

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi. (2025). Directive (EU) 2025/2360 of the European Parliament and of the Council of 12 November 2025 on soil monitoring and resilience (Soil Monitoring Law). *Official Journal of the European Union, L 2025/2360*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32025L2360

Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü [ÇEM]. (2018). *Toprak organik karbonu projesi: Teknik özet*. Tarım ve Orman Bakanlığı. https://webdosya.csb.gov.tr/db/cem/icerikler/karbon-proje-27eylul2018-20211104152537.pdf

Doğru, A., & Gündoğdu, K. S. (2025). Bursa ilinde Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununa göre yapılan izin başvurularının değerlendirilmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 39*(1), 81–92. https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1587997

Karataş, A. (2023). Amaç dışı kullanılan tarım arazilerinin tarımsal sürdürülebilirliğe etkisi üzerine bir araştırma. *Kent Akademisi, 16*(3), 1690–1706. https://doi.org/10.35674/kent.1289177

Nkonya, E., Mirzabaev, A., & von Braun, J. (Ed.). (2016). *Economics of land degradation and improvement – A global assessment for sustainable development*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3

Panagos, P., Standardi, G., Borrelli, P., Lugato, E., Montanarella, L., & Bosello, F. (2018). Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models. *Land Degradation & Development*, *29*(3), 471–484. https://doi.org/10.1002/ldr.2879

Stevens, A. W. (2022). The economics of land tenure and soil health. *Soil Security*, *6*, 100047. https://doi.org/10.1016/j.soisec.2022.100047

Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü [TAGEM]. (2017, 11 Eylül). *Ülkesel toprak bilgi sistemi*. Tarım ve Orman Bakanlığı. https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Duyuru/111/Ulkesel-Toprak-Bilgi-Sistemi

Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu. (2005). Kanun No. 5403. *Resmî Gazete*, 19 Temmuz 2005, Sayı: 25880. https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5403&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5

Winkler, G., Pagano, L., Vergamini, D., & Bartolini, F. (2024). Soils and ecosystem services: Policy narratives and instruments for soil health in the EU. *Bio-based and Applied Economics*, *14*(1), 79–92. https://doi.org/10.36253/bae-15466

AB SU YENİDEN KULLANIM TÜZÜĞÜ VE TARIMSAL SULAMADA ARITILMIŞ ATIK SU: TÜRKİYE İÇİN BİR DEĞERLENDİRME

Dr. Öğr. Üyesi Erkin Cihangir KARATAŞ
Atatürk Üniversitesi, Oltu Beşeri ve Sosyal Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Erzurum
ORCID ID: 0000-0002-4906-9696

ÖZET

Su kıtlığı, Avrupa Birliği'nde (AB) ve Türkiye'de tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini etkileyen temel sorunlardan biridir. AB, arıtılmış kentsel atıksuyun tarımsal sulamada güvenli kullanımını desteklemek amacıyla 2020/741 sayılı Su Yeniden Kullanım Tüzüğü'nü kabul etmiş ve Tüzük 26 Haziran 2023'te uygulanmaya başlamıştır. Bu çalışmanın amacı, Tüzük'ün içeriğini ve iktisadi gerekçesini ortaya koymak ve Türkiye'de arıtılmış atıksuyun tarımsal sulamada kullanımını bu çerçevede değerlendirmektir. Çalışmada nitel bir yöntem izlenmiş; AB ve Türkiye mevzuatı, resmî istatistikler ve ilgili literatür incelenmiştir. AB'de arıtılmış atıksuyun yalnızca %2,4'ü yeniden kullanılmaktadır. Tüzük bu nedenle ürün ve sulama yöntemine göre kademelenen dört kalite sınıfı, risk yönetimi planı, izin sistemi ve kamuoyunu bilgilendirme yükümlülüğü getirmektedir. İnceleme, Türkiye'de belediyelerce arıtılan atıksuyun yalnızca küçük bir bölümünün yeniden kullanıldığını ve bu payın son yıllarda belirgin bir artış göstermediğini ortaya koymaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre bu pay 2020'de %1,6, 2024'te ise %1,3'tür. Buna karşın ulusal uyum eylem planında oranın 2030'a kadar %15'e çıkarılması hedeflenmektedir. Mevzuatta yeniden kullanımı teşvik eden düzenlemeler bulunmakla birlikte, tarımsal sulamaya özgü kalite sınıfları, risk yönetimi ve kamuoyunu bilgilendirme gibi alanlarda AB düzenlemesinden ayrışan yönler göze çarpmaktadır. Çalışma, tarımsal sulamaya özgü kalite kurallarının oluşturulmasını, kullanım alanına göre ayrıştırılmış verilerin yayımlanmasını ve maliyetlerin kullanıcılar ile kamu arasında paylaşılmasını öne çıkan politika alanları olarak belirlemektedir. Sonuç olarak arıtılmış atıksuyun bir atık olarak değil, ekonomik değeri olan bir doğal kaynak olarak ele alınmasının hem su güvenliğine hem de tarımın sürdürülebilirliğine katkı sağlayabileceği sonucuna ulaşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Doğal Kaynaklar Ekonomisi, Döngüsel Ekonomi, Su Yeniden Kullanımı, Avrupa Birliği

JEL Kodları: Q25, Q53, Q56

THE EU WATER REUSE REGULATION AND TREATED WASTEWATER IN AGRICULTURAL IRRIGATION: AN ASSESSMENT FOR TÜRKİYE

ABSTRACT

Water scarcity is one of the main problems affecting the sustainability of agricultural production in the European Union (EU) and Türkiye. The EU adopted the Water Reuse Regulation (EU)

2020/741 to support the safe use of treated urban wastewater in agricultural irrigation, and the Regulation has applied since 26 June 2023. This study aims to set out the content and economic rationale of the Regulation and to assess the use of treated wastewater in agricultural irrigation in Türkiye within this framework. A qualitative method is followed, and EU and Turkish legislation, official statistics and the relevant literature are reviewed. Only 2.4% of treated wastewater is reused in the EU. The Regulation therefore introduces four quality classes graded by crop and irrigation method, a risk management plan, a permit system and an obligation to inform the public. The review shows that only a small share of the wastewater treated by municipalities in Türkiye is reused, and that this share has not increased noticeably in recent years. According to the Turkish Statistical Institute, this share was 1.6% in 2020 and 1.3% in 2024, while the national adaptation action plan targets 15% by 2030. Although the legislation contains provisions that encourage reuse, it differs from the EU framework in areas such as quality classes specific to agricultural irrigation, risk management and public information. The study identifies quality rules specific to agricultural irrigation, the publication of data broken down by type of use, and the sharing of costs between users and the public sector as the main policy areas. It concludes that treating reclaimed water not as waste but as a natural resource with economic value may contribute both to water security and to the sustainability of agriculture.

Keywords: Sustainability, Natural Resource Economics, Circular Economy, Water Reuse, European Union

1. GİRİŞ

Tatlı su kaynakları üzerindeki baskı, nüfus artışı, kentleşme ve iklim değişikliği nedeniyle giderek artmaktadır. Avrupa Komisyonu'na göre Avrupa nüfusunun en az %11'i su kıtlığından etkilenmektedir (Avrupa Komisyonu, t.y.). Bu baskı en açık biçimde tarımda hissedilir. Çünkü sulama, kurak dönemlerde en çok su talep eden faaliyetlerin başında gelir. Bu durum, geleneksel su kaynaklarına ek olarak yeni kaynak seçeneklerinin aranmasını zorunlu hale getirmektedir.

Arıtılmış kentsel atıksu bu seçeneklerden biridir. Kentlerde oluşan atıksu, arıtıldıktan sonra çoğu zaman akarsulara ya da denize bırakılır. Oysa bu su, uygun ek arıtma ile tarımsal sulamada kullanılabilir. Bu yaklaşım, suyun tek kullanımlık bir girdi olarak değil, yeniden değerlendirilebilir bir kaynak olarak görülmesine dayanır. Döngüsel ekonomi anlayışının su alanındaki karşılığı da budur (Voulvoulis, 2018). AB'de yılda yaklaşık 1 milyar m³ arıtılmış kentsel atıksu yeniden kullanılmaktadır. Avrupa Komisyonu, bu miktarın mevcut düzeyin altı

katına çıkabileceğini belirtmektedir (Avrupa Komisyonu, t.y.). Buna karşın AB'de atıksuyun yalnızca %2,4'ü yeniden kullanılmakta ve bu oran üye ülkeler arasında sıfırdan %80'e kadar değişmektedir (Avrupa Komisyonu, 2025).

AB bu potansiyeli harekete geçirmek için 2020 yılında Su Yeniden Kullanım Tüzüğü'nü kabul etmiştir. Tüzük, arıtılmış kentsel atıksuyun tarımsal sulamada kullanımı için AB genelinde ortak asgari kurallar getirmektedir (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2020). Türkiye açısından bu düzenleme iki nedenle önem taşımaktadır. Birincisi, Türkiye de su kıtlığı riskiyle karşı karşıyadır ve arıtılmış atıksu bu riski azaltabilecek kaynaklardan biridir. İkincisi, Türkiye'nin AB ile ilişkileri ve AB pazarına yönelik tarımsal ihracatı, bu alandaki AB kurallarını Türkiye için de gündemde tutmaktadır.

Literatürde atıksuyun yeniden kullanımı çoğunlukla mühendislik, çevre ve sağlık yönüyle ele alınmıştır. Türkiye'deki mevcut durum ve potansiyel üzerine çalışmalar bulunmaktadır (Nas vd., 2020). Yeşil Mutabakat çerçevesinde sürdürülebilir atıksu yönetimini ele alan çalışmalar da yapılmıştır (Atlı vd., 2023). Bu çalışma kapsamında yapılan literatür taramasında, AB Su Yeniden Kullanım Tüzüğü'nü Türkiye'deki tarımsal sulama ile birlikte doğal kaynaklar ekonomisi bakışıyla değerlendiren sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışma, bu alana katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Çalışmanın amacı, Tüzük'ün içeriğini ve iktisadi gerekçesini ortaya koymak ve Türkiye'de arıtılmış atıksuyun tarımsal sulamada kullanımını bu çerçevede değerlendirmektir. Çalışmada nitel bir yöntem izlenmiştir. AB'nin ilgili tüzük, direktif ve stratejileri ile Türkiye'deki tebliğ ve yönetmelikler incelenmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) su ve atıksu istatistikleri ile ilgili literatür de değerlendirmeye dahil edilmiştir. Araştırma ve Bulgular bölümünde önce Tüzük'ün kapsamı ve iktisadi gerekçesi açıklanmakta, ardından Türkiye'deki mevzuat ve veriler incelenmekte, son olarak Türkiye için fırsatlar ve engeller tartışılmaktadır. Son bölümde ise sonuçlar sunulmaktadır.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. AB Su Yeniden Kullanım Tüzüğü ve İktisadi Gerekçesi

2020/741 sayılı Tüzük, 25 Mayıs 2020'de kabul edilmiş ve 26 Haziran 2023'ten itibaren uygulanmaya başlamıştır. Tüzük'ün amacı, geri kazanılmış suyun tarımsal sulamada güvenli biçimde kullanılmasını sağlamaktır. Tüzük bu amacı çevrenin, insan ve hayvan sağlığının korunması, döngüsel ekonominin teşvik edilmesi ve iklim değişikliğine uyum ile birlikte tanımlamaktadır (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2020, md. 1). Tüzük yalnızca tarımsal

sulamayı kapsamaktadır. Sanayi, kentsel kullanım veya yeraltı suyunun beslenmesi gibi diğer kullanım alanları Tüzük'ün dışında kalmaktadır.

Tüzük'ün temel aracı, geri kazanılmış su için tanımlanan kalite sınıflarıdır. Her sınıf, sulanabilecek ürün grubu ve sulama yöntemiyle eşleştirilmiştir. Tablo 1'de bu eşleştirme yer almaktadır.

Tablo 1. Geri kazanılmış su kalite sınıfları, izin verilen tarımsal kullanım ve sulama yöntemi

Kalite sınıfı	Ürün grubu	Sulama yöntemi
A	Çiğ tüketilen ve yenen kısmı geri kazanılmış suyla doğrudan temas eden tüm gıda ürünleri ile çiğ tüketilen kök ürünler	Tüm yöntemler
B	Yenen kısmı toprak üstünde oluşan ve suyla doğrudan temas etmeyen çiğ tüketilen gıda ürünleri, işlenmiş gıda ürünleri ve süt ya da et üretiminde kullanılan yem bitkileri dahil gıda dışı ürünler	Tüm yöntemler
C	B sınıfı ile aynı ürün grubu	Damla sulama veya yenen kısımla doğrudan teması önleyen diğer yöntemler
D	Sanayi, enerji ve tohumluk ürünler	Tüm yöntemler

Kaynak: Avrupa Parlamentosu ve Konseyi (2020), Ek I, Tablo 1.

En yüksek kalite sınıfı olan A sınıfı için ikincil arıtma, filtrasyon ve dezenfeksiyon öngörülmekte ve E. coli sınırı 100 ml'de 10 olarak belirlenmektedir. B sınıfı için bu sınır 100 ml'de 100'dür (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2020, Ek I, Tablo 2). Bu yapı, arıtma düzeyini suyun kullanılacağı ürüne bağlamaktadır. Bir başka ifadeyle, her kullanım için en yüksek arıtma düzeyi istenmemekte, risk düzeyine uygun bir arıtma düzeyi aranmaktadır. Bu yaklaşım, arıtma maliyetinin kullanım amacına göre ayarlanmasına imkân verdiği için iktisadi açıdan da anlamlıdır.

Tüzük kalite sınıflarına ek olarak üç yönetsel unsur içermektedir. Birincisi, yetkili otoritenin bir su yeniden kullanım risk yönetimi planı hazırlanmasını sağlamasıdır (md. 5). Bu planın teknik ayrıntıları 2024/1765 sayılı Yetki Devrine Dayalı Tüzük ile belirlenmiştir (Avrupa Komisyonu, 2024). İkincisi, geri kazanılmış suyun üretimi ve sağlanmasının izne bağlanmasıdır (md. 6). Üçüncüsü, kamuoyunun bilgilendirilmesidir. Geri kazanılmış suyu kullanan üye ülkeler, sağlanan suyun miktarını ve kalitesini, arıtılmış toplam atıksu içindeki payını ve verilen izinleri iki yılda bir kamuoyuyla paylaşmak zorundadır (md. 10). Komisyon ayrıca uygulamaya yönelik bir rehber yayımlamıştır (Avrupa Komisyonu, 2022).

Tüzük'ün önemli bir özelliği, üye ülkelere tanıdığı esnekliktir. Bir üye ülke, nehir havzası bölgelerinin tamamında veya bir kısmında tarımsal sulama için yeniden kullanımı uygun görmeyebilir. Bu kararın coğrafi ve iklimsel koşullara, su kaynakları üzerindeki baskıya ve geri kazanılmış su ile diğer su kaynaklarının çevresel ve kaynak maliyetlerine dayandırılması

gerekir (md. 2/2). Son ölçütün açıkça maliyet karşılaştırmasına atıf yapması dikkat çekicidir. Tüzük'ün gerekçesinde de yeniden kullanımın uygun ve maliyet etkin olduğu durumlarda yaygınlaştırılmasının amaçlandığı belirtilmektedir (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2020, gerekçe 7). Avrupa Komisyonu'na göre tatlı su kaynakları bol olan ve sulama talebi düşük olan bazı üye ülkeler, tarımsal sulamada yeniden kullanıma izin vermemeyi planlamaktadır (Avrupa Komisyonu, t.y.).

Tüzük, AB'nin daha geniş su politikasının bir parçasıdır. 2024/3019 sayılı yeniden düzenlenmiş Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi, arıtılmış kentsel atıksuyun özellikle su stresi yaşanan bölgelerde uygun olduğu her durumda yeniden kullanılmasının teşvik edilmesi gerektiğini belirtmektedir. Direktif, tarımsal sulama amaçlı yeniden kullanımın 2020/741 sayılı Tüzük'e uygun yapılmasını da öngörmektedir (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2024). Haziran 2025'te yayımlanan Avrupa Su Dayanıklılığı Stratejisi ise su yönetiminde bir öncelik sırası önermektedir. Buna göre öncelik talebin ve aşırı su çekiminin azaltılmasına verilmeli, ardından verimlilik ve yeniden kullanım gelmeli, arzın artırılması ise son seçenek olmalıdır. Strateji, AB'de su verimliliğinin 2030'a kadar en az %10 artırılmasını hedeflemekte ve Tüzük'ün Haziran 2028'e kadar değerlendirileceğini belirtmektedir (Avrupa Komisyonu, 2025).

Tüzük'ün iktisadi gerekçesi üç noktada toplanabilir. Birincisi, geri kazanılmış su, tatlı su kaynaklarından yapılan çekimi azaltarak kıt bir doğal kaynağın korunmasına katkı sağlar. İkincisi, yeniden kullanım projelerinin faydaları yalnızca sulama suyu arzıyla sınırlı değildir. Atıksuyun alıcı ortama bırakılmaması su kalitesini iyileştirir ve bu fayda piyasada fiyatlanmayan bir dışsallık niteliği taşır. Molinos-Senante vd. (2011), arıtmanın çevresel etkilerini gölge fiyatlarla değerlendiren bir maliyet-fayda yöntemi önermiştir. Arena vd. (2020) da İtalya'daki bir yeniden kullanım projesinin, çevresel faydalar hesaba katılmadığında hemen tüm senaryolarda ekonomik açıdan sürdürülebilir görünmediğini bulmuştur. Üçüncüsü, ortak kurallar güven sağlar. Geri kazanılmış suyla sulanan ürünlerin gıda güvenliği konusundaki belirsizlik, hem üreticinin hem de tüketicinin kararını etkiler. Voulvoulis (2018), kamu algısı, fiyatlandırma ve düzenleme eksikliklerini yeniden kullanımın önündeki engeller arasında saymaktadır.

Bununla birlikte, ortak kuralların kendi başına yeterli olmadığı da görülmektedir. Hristov vd. (2021), AB tarımı için yaptıkları modelleme çalışmasında geri kazanılmış suyun çiftçi geliri ve gıda üretimi üzerinde olumsuz bir etki yaratmadan alternatif bir kaynak olabileceğini bulmuştur. Ancak yüksek maliyetler nedeniyle gerçekleşen yeniden kullanım sınırlı kalmaktadır. Yazarlar, tek tip fiyat yerine bölgelere göre farklılaşan fiyatların daha yüksek

miktarda yeniden kullanımı mümkün kılabileceğini belirtmektedir. İspanya örneğini inceleyen Jodar-Abellan vd. (2019) ise arıtma ve yeniden kullanımın birbirine bağlı olduğunu ve kuraklık ile su kıtlığına karşı geçerli bir araç olduğunu vurgulamaktadır. Garcia ve Pargament (2015) da yeniden kullanım kararlarında ekonomik, toplumsal ve çevresel unsurların birlikte ele alınması gerektiğine dikkat çekmektedir. Bu bulgular, yeniden kullanımın yaygınlaşmasında düzenleme kadar fiyatlandırma ve maliyet paylaşımının da belirleyici olduğunu göstermektedir.

2.2. Türkiye'de Arıtılmış Atıksuyun Tarımsal Sulamada Kullanımı

Türkiye'de arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımına ilişkin temel düzenleme, 2010 yılında yayımlanan Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'dir. Tebliğ, arıtılmış atıksuyun dezenfeksiyonu ve yeniden kullanımına ilişkin usul ve esasları da düzenlemektedir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010). Tebliğ 2022 yılında değiştirilmiştir. Değişiklikle atıksuyun yeniden kullanımı için Bakanlık uygun görüşü alınması şartı getirilmiş, yeniden kullanım kriterlerinin kullanım amacına göre ve faaliyet özelinde belirlenmesi öngörülmüştür. Aynı değişiklikle arıtılmış atıksuyun döngüsel ekonomi ilkeleri çerçevesinde yeniden kullanımının teşvik edileceği hükme bağlanmıştır. Yeniden kullanım verilerinin atıksu bilgi sistemine girilmesi de zorunlu hale getirilmiştir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022).

Su verimliliği alanında da yeni düzenlemeler yapılmıştır. 2024 yılında yayımlanan Su Verimliliği Yönetmeliği, faydalanılabilecek atıksuları yeraltı ve yüzey suları dışındaki geleneksel olmayan su kaynakları arasında saymakta ve bu kaynakların kullanılmasını genel ilkelerden biri olarak belirlemektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024). Uygulama tarafında ise Tarım ve Orman Bakanlığı bir projeyi yürütmektedir. AB'nin katılım öncesi yardım aracı IPA-III kapsamındaki proje Aralık 2025'te başlamıştır ve Ulusal Su Yeniden Kullanımı Master Planı hazırlanmasını ve pilot tesisler için teknik çalışmalar yapılmasını amaçlamaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2026). Bu gelişmeler, konunun politika gündeminde yer aldığını göstermektedir.

Uygulamanın boyutunu görmek için resmî istatistiklere bakmak gerekir. TÜİK, belediyelerce arıtılan atıksuyun ne kadarının sanayi, tarımsal sulama ve benzeri alanlarda yeniden kullanıldığını iki yılda bir yayımlamaktadır. Tablo 2'de son üç döneme ait veriler yer almaktadır.

Tablo 2. Türkiye'de belediye atıksuyu, arıtma ve yeniden kullanım (2020–2024)

Yıl	Deşarj edilen belediye atıksuyu (milyar m³)	Arıtılan atıksu (milyar m³)	Arıtılan pay (%)	Arıtılan atıksuyun yeniden kullanılan payı (%)	Yeniden kullanılan yaklaşık miktar (milyon m³)
2020	5,0	4,4	87,9	1,6	70
2022	5,4	4,6	86,1	1,5	69
2024	5,8	4,9	85,4	1,3	64

Kaynak: TÜİK (2021, 2023, 2025). Son sütun, arıtılan atıksu miktarı ile yeniden kullanılan payın çarpımıyla hesaplanmıştır ve yuvarlama nedeniyle yaklaşık değer niteliğindedir.

Tablo 2, belediyelerce toplanan ve arıtılan atıksu miktarının arttığını göstermektedir. Buna karşın arıtılan atıksuyun yeniden kullanılan payı %1,6'dan %1,3'e gerilemiştir. Yeniden kullanılan miktar da yaklaşık olarak aynı düzeyde kalmış, hatta bir miktar azalmıştır. Başka bir ifadeyle, arıtma kapasitesindeki artış yeniden kullanıma yansımamıştır. Arıtılan suyun büyük bölümü alıcı ortamlara bırakılmaya devam etmektedir. 2024 yılında belediyelerce deşarj edilen atıksuyun %48,5'i akarsulara, %37,9'u ise denize bırakılmıştır (TÜİK, 2025). Akarsuya bırakılan su havzadaki başka kullanıcılara ulaşabilir. Denize bırakılan su ise tatlı su kaynağı olarak yeniden değerlendirilme imkânını büyük ölçüde yitirmektedir.

Daha önceki bir dönem için yapılan saha çalışması da benzer bir tablo ortaya koymaktadır. Nas vd. (2020), 2017 yılında Türkiye'deki 1.015 atıksu arıtma tesisinden yalnızca 15'inde yeniden kullanım yapıldığını belirlemiştir. Aynı yıl yeniden kullanılan arıtılmış atıksu yılda 29,6 milyon m³ ile arıtılmış kentsel atıksuyun %0,78'i düzeyindedir. Bu bulgu, yeniden kullanımın belirli tesislerde yoğunlaştığını ve ülke geneline yayılmadığını göstermektedir.

Resmî açıklamalarda farklı oranlara da rastlanmaktadır. İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024–2030), arıtılmış atıksuların yeniden kullanım oranının 2030 yılına kadar %15 düzeyine çıkarılmasını stratejik hedefler arasında saymaktadır (İklim Değişikliği Başkanlığı, 2024). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanı ise Kasım 2024'te bu oranın 2018'deki %1,2'den %5,5'e çıkarıldığını açıklamıştır (Demirören Haber Ajansı [DHA], 2024). Bu oran ile TÜİK verisi arasındaki fark, büyük olasılıkla kapsam ve tanım farkından kaynaklanmaktadır. Bakanlık oranının hangi atıksu türlerini ve kullanım alanlarını kapsadığı açıklamada belirtilmemiştir. Bu çalışmada, yöntemi ve kapsamı açık olduğu için TÜİK verisi esas alınmıştır. Her iki kaynakta da tarımsal sulama için ayrı bir oran yer almamaktadır. Bu nedenle tarımsal sulamada kullanılan arıtılmış atıksu miktarı resmî istatistiklerden ayrı olarak izlenememektedir.

Yerel ölçekte ise arıtılmış atıksuyla sulama yapılan örnekler bulunmaktadır. Güngör ve Direk (2025), Konya merkez ilçelerinde arıtma tesisinden gelen suyla arazisini sulayan çiftçilerden elde edilen verilerle arıtılmış atıksu için ürün değerine dayalı bir fiyat hesaplamıştır. Çalışmada

bu fiyat arpa üretimi için 0,18 ABD doları/ton, buğday için 0,28 ABD doları/ton ve ayçiçeği için 0,21 ABD doları/ton olarak bulunmuştur. Bu tür çalışmalar, arıtılmış atıksuyun tarımda ekonomik bir değerinin olduğunu ve bu değerin ölçülebildiğini göstermektedir.

2.3. Türkiye İçin Değerlendirme: Fırsatlar ve Engeller

AB düzenlemesi ile Türkiye'deki çerçeve karşılaştırıldığında, iki yapının amaç bakımından örtüştüğü görülmektedir. Her ikisi de arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımını döngüsel ekonomi ile ilişkilendirmekte ve teşvik etmektedir. Ayrışma, araçlar düzeyinde ortaya çıkmaktadır. AB Tüzüğü tarımsal sulamaya özgü kalite sınıfları, zorunlu risk yönetimi planı, izin sistemi ve düzenli kamuoyu bilgilendirmesi öngörmektedir. Türkiye'deki düzenleme ise kriterlerin kullanım amacına göre ve faaliyet özelinde belirlenmesini ve Bakanlık uygun görüşünü esas almaktadır. Bu yapı esneklik sağlamakla birlikte, tarımsal sulama için uygulayıcıların ve çiftçilerin önceden bilebileceği ortak kuralların görünürlüğünü azaltabilmektedir. Hazırlanmakta olan Ulusal Su Yeniden Kullanımı Master Planı, bu alanda AB yaklaşımıyla uyumlu bir çerçeve oluşturmak için bir fırsat sunmaktadır.

İkinci konu, veri ve şeffaflıktır. AB Tüzüğü, geri kazanılmış suyun miktarının, kalitesinin ve arıtılmış toplam atıksu içindeki payının kamuoyuyla düzenli olarak paylaşılmasını istemektedir (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2020, md. 10). Türkiye'de ise yeniden kullanım verileri atıksu bilgi sistemine girilmekle birlikte, kamuya açık istatistiklerde tarımsal sulama ayrı olarak gösterilmemektedir. Resmî istatistik ile Bakanlık açıklamaları arasındaki oran farkı da tanımların netleştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Kullanım alanına göre ayrıştırılmış ve düzenli yayımlanan veriler, hem politika hedeflerinin izlenmesini hem de iktisadi analizleri kolaylaştıracaktır.

Üçüncü konu, maliyet ve fiyatlandırmadır. Arıtılmış atıksuyun tarımsal sulamaya uygun hale getirilmesi ek arıtma, depolama ve iletim yatırımı gerektirir. AB için yapılan modelleme çalışmaları, yüksek maliyetlerin yeniden kullanımı sınırladığını ve fiyatlandırmanın belirleyici olduğunu göstermektedir (Hristov vd., 2021). Geleneksel kaynaklardan sağlanan sulama suyunun kullanıcıya düşük maliyetle ulaştığı durumlarda, geri kazanılmış suyun çiftçi açısından tercih edilmesi güçleşir. Öte yandan yeniden kullanımın su kalitesi üzerindeki olumlu etkisi gibi faydalar piyasada fiyatlanmamaktadır (Arena vd., 2020; Molinos-Senante vd., 2011). Bu durum, maliyetin bir bölümünün kamu tarafından üstlenilmesi için iktisadi bir gerekçe oluşturmaktadır. Türkiye'de 2023 yılında yayımlanan Atıksu Arıtma Tesisi Enerji Teşviki Yönetmeliği, arıtılmış atıksuyu yeniden kullanan tesisleri de elektrik giderlerinin geri ödenmesi kapsamına almıştır. Yönetmelik, atıksu altyapı yönetimi olmayıp ileri arıtma ile arıttıkları suyu

yeniden kullanan tesislerin de bu destekten yararlanabilmesini öngörmektedir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023). Bu düzenleme, yeniden kullanım maliyetinin bir bölümünün kamu tarafından üstlenilmesine yönelik bir adım olarak değerlendirilebilir. Konya örneğinde olduğu gibi ürün değerine dayalı fiyat hesaplamaları da maliyetlerin kullanıcılar ve kamu arasında nasıl paylaşılabileceğine dair bir zemin sunmaktadır (Güngör ve Direk, 2025).

Dördüncü konu, mekânsal uyumdur. Belediye atıksuyunun önemli bir bölümünün denize bırakılması, atıksuyun önemli bir kısmının kıyı kentlerinde oluştuğunu düşündürmektedir. Bu tesislerdeki suyun tarım alanlarına taşınması, iletim maliyetini artırabilir. Bu nedenle yeniden kullanımın her yerde aynı öncelikle ele alınması yerine, su stresi yüksek ve sulama talebi güçlü havzalara odaklanılması daha verimli olabilir. AB Tüzüğü'nün havza düzeyinde esneklik tanıyan ve maliyet karşılaştırmasına dayanan yapısı (md. 2/2), Türkiye için de yararlı bir örnek oluşturmaktadır.

Beşinci konu, güven ve dış ticarettir. Geri kazanılmış suyla sulanan ürünlerin gıda güvenliği konusundaki kuşkular, hem çiftçinin hem de tüketicinin kabulünü etkileyebilir. Voulvoulis (2018), kirleticilerin kullanım amacına uygun standartlarla izlenmesinin ve düzenlemelerin etkili biçimde uygulanmasının önemine dikkat çekmektedir. Türkiye'nin AB pazarına yönelik tarımsal ihracatı dikkate alındığında, AB kurallarıyla uyumlu bir risk yönetimi yapısı, yeniden kullanımın yaygınlaşması halinde ihracat ürünlerine yönelik olası kuşkuların önlenmesine de katkı sağlayabilir.

Bu değerlendirmeler sürdürülebilirliğin üç boyutuyla birlikte ele alınabilir. Çevresel boyutta yeniden kullanım, tatlı su çekimini azaltmakta ve alıcı ortamlara bırakılan atıksu yükünü hafifletmektedir. Ekonomik boyutta, kurak dönemlerde de sürekliliği daha yüksek bir sulama suyu kaynağı sağlamaktadır. Toplumsal boyutta ise güvenli kullanımın sağlanması ve kamuoyunun güveni belirleyici olmaktadır. AB Tüzüğü bu üç boyutu ortak kurallar çerçevesinde bir araya getirmeye çalışmaktadır. Türkiye'de de mevzuat ve proje çalışmaları bu yönde ilerlemekle birlikte, uygulamanın ölçeği henüz sınırlı kalmaktadır. Çalışmanın nitel yapısı ve tarımsal sulamaya özgü ayrıştırılmış verinin bulunmaması, bulguların genel bir çerçeve sunacak biçimde yorumlanmasını gerektirmektedir. Bu durum, verilerin gelişmesiyle birlikte havza düzeyinde yapılacak nicel çalışmalar için de bir zemin oluşturmaktadır.

3. SONUÇ

AB Su Yeniden Kullanım Tüzüğü, arıtılmış kentsel atıksuyu bertaraf edilecek bir atık olmaktan çıkarıp tarımsal sulamada kullanılabilecek bir doğal kaynak olarak tanımlamaktadır. Tüzük'ün

ürün ve sulama yöntemine göre kademelenen kalite sınıfları, risk yönetimi ve izin süreçleri ile kamuoyunu bilgilendirme yükümlülüğü, güvenli kullanımı güvence altına almayı ve kaynak üzerindeki belirsizliği azaltmayı amaçlamaktadır. Ancak AB deneyimi, ortak kuralların tek başına yeterli olmadığını da göstermektedir. Yeniden kullanımın yaygınlaşması, maliyetlerin nasıl paylaşılacağına, geri kazanılmış suyun nasıl fiyatlandırılacağına ve piyasada görünmeyen çevresel faydaların nasıl hesaba katılacağına bağlıdır. Bu yönüyle konu, doğal kaynaklar ekonomisinin temel sorularıyla doğrudan ilişkilidir.

Türkiye'de yeniden kullanımı teşvik eden düzenlemeler ve proje çalışmaları bulunmakla birlikte, arıtma kapasitesindeki artışın yeniden kullanıma henüz yansımadığı görülmektedir. Bu çalışmanın ulaştığı sonuca göre, arıtılmış atıksuyun tarımsal sulamada daha fazla kullanılması için üç alan öne çıkmaktadır. Bunlar, tarımsal sulamaya özgü ve önceden bilinen kalite kurallarının oluşturulması, kullanım alanına göre ayrıştırılmış verilerin düzenli olarak yayımlanması ve maliyetlerin kullanıcılar ile kamu arasında adil biçimde paylaşılmasıdır. Su stresi yüksek havzalara öncelik veren bir yaklaşım, sınırlı kaynakların en verimli biçimde kullanılmasını sağlayabilir. Bu adımlar, arıtılmış atıksuyu Türk tarımı için güvenilir bir kaynak haline getirerek hem su güvenliğine hem de tarımın sürdürülebilirliğine katkı sağlayabilir.

KAYNAKÇA

Arena, C., Genco, M., & Mazzola, M. R. (2020). Environmental benefits and economical sustainability of urban wastewater reuse for irrigation—A cost-benefit analysis of an existing reuse project in Puglia, Italy. *Water, 12*(10), 2926. https://doi.org/10.3390/w12102926

Atlı, E., Dilsizoğlu-Akyol, N., Akarsu, C., Ölmez-Hancı, T., & Başa, Ş. (2023). Yeşil Mutabakat çerçevesinde sürdürülebilir atıksu yönetimi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6*(Ek Sayı), 606–623. https://doi.org/10.47495/okufbed.1235659

Avrupa Komisyonu. (t.y.). *Water reuse*. Erişim tarihi: 28 Ekim 2026, https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-reuse_en

Avrupa Komisyonu. (2022). Commission Notice — Guidelines to support the application of Regulation 2020/741 on minimum requirements for water reuse (2022/C 298/01). *Official Journal of the European Union, C 298*, 1–55. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52022XC0805(01)

Avrupa Komisyonu. (2024). Commission Delegated Regulation (EU) 2024/1765 of 11 March 2024 supplementing Regulation (EU) 2020/741 with regard to technical specifications of the key elements of risk management. *Official Journal of the European Union, L 2024/1765*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32024R1765

Avrupa Komisyonu. (2025). *European Water Resilience Strategy* (COM(2025) 280 final). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52025DC0280

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi. (2020). Regulation (EU) 2020/741 of the European Parliament and of the Council of 25 May 2020 on minimum requirements for water reuse. *Official Journal of the European Union, L 177*, 32–55. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32020R0741

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi. (2024). Directive (EU) 2024/3019 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 concerning urban wastewater treatment (recast). *Official Journal of the European Union, L 2024/3019*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32024L3019

Çevre ve Orman Bakanlığı. (2010). Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği. *Resmî Gazete*, 20 Mart 2010, Sayı: 27527.
Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ. *Resmî Gazete*, 25 Ekim 2022, Sayı: 31994.
Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023). Atıksu Arıtma Tesisi Enerji Teşviki Yönetmeliği. *Resmî Gazete*, 11 Kasım 2023, Sayı: 32366.
Demirören Haber Ajansı. (2024, 4 Kasım). *Bakan Kurum: Atık suların yeniden kullanım oranını yüzde 5,5'e çıkardık*. https://www.dha.com.tr/politika/bakan-kurum-atik-sularin-yeniden-kullanim-oranini-yuzde-5-5e-cikardik-2526432
Garcia, X., & Pargament, D. (2015). Reusing wastewater to cope with water scarcity: Economic, social and environmental considerations for decision-making. *Resources, Conservation and Recycling, 101*, 154–166. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.05.015
Güngör, L., & Direk, M. (2025). Assessing the crop-based pricing of treated wastewater in agriculture. *Yildiz Social Science Review, 11*(2), 75–86. https://doi.org/10.51803/yssr.1680542
Hristov, J., Barreiro-Hurle, J., Salputra, G., Blanco, M., & Witzke, P. (2021). Reuse of treated water in European agriculture: Potential to address water scarcity under climate change. *Agricultural Water Management, 251*, 106872. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106872
İklim Değişikliği Başkanlığı. (2024). *İklim değişikliğine uyum stratejisi ve eylem planı (2024–2030)*. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0klim%20De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fine%20Uyum%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan_%202024-2030.pdf
Jodar-Abellan, A., López-Ortiz, M. I., & Melgarejo-Moreno, J. (2019). Wastewater treatment and water reuse in Spain. Current situation and perspectives. *Water, 11*(8), 1551. https://doi.org/10.3390/w11081551
Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F., & Sala-Garrido, R. (2011). Cost–benefit analysis of water-reuse projects for environmental purposes: A case study for Spanish wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management, 92*(12), 3091–3097. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.07.023
Nas, B., Uyanık, S., Aygün, A., Doğan, S., Erul, G., Nas, K. B., Turgut, S., Cop, M., & Dolu, T. (2020). Wastewater reuse in Turkey: From present status to future potential. *Water Supply, 20*(1), 73–82. https://doi.org/10.2166/ws.2019.136
Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024). Su Verimliliği Yönetmeliği. *Resmî Gazete*, 27 Aralık 2024, Sayı: 32765.
Tarım ve Orman Bakanlığı. (2026, 22 Mayıs). *Arıtılmış kentsel atık suların yeniden kullanımı projesi kapsamında eylem koordinasyon birimi 1. toplantısı gerçekleştirildi*. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Haber/1383/Aritilmis-Kentsel-Atik-Sularin-Yeniden-Kullanimi-Projesi-Kapsaminda-Eylem-Koordinasyon-Birimi-1-Toplantisi-Gerceklestirildi
Türkiye İstatistik Kurumu. (2021). *Su ve atıksu istatistikleri, 2020* (Haber Bülteni Sayı: 37197). https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/37197
Türkiye İstatistik Kurumu. (2023). *Su ve atıksu istatistikleri, 2022* (Haber Bülteni Sayı: 49607). https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/49607
Türkiye İstatistik Kurumu. (2025). *Su ve atıksu istatistikleri, 2024* (Haber Bülteni Sayı: 54109). https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/54109
Voulvoulis, N. (2018). Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach. *Current Opinion in Environmental Science & Health, 2*, 32–45. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.01.005

MEYVE BÜYÜMESİNİ ARTTIRAN UYGULAMALAR

Prof. Dr. Servet ARAS
Yozgat Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, 66100 Merkez, Yozgat
ORCID ID: 0000-0002-0347-6552
Doç. Dr. Müjgan GÜNEY
Yozgat Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, 66100 Merkez, Yozgat
ORCID ID: 0000-0001-5491-1430

ÖZET

Meyve büyümesi, meyve tutumundan hasada kadar süren ve hem hücre sayısındaki artışa hem de hücre hacmindeki genişlemeye dayanan bir süreçtir; bu nedenle meyve iriliğini artırmaya yönelik her uygulama bu iki bileşenden birini ya da ikisini birlikte desteklemek zorundadır. Bu çalışmanın amacı, meyve büyümesini artıran uygulamaları fizyolojik temelleriyle sınıflandırarak hangi uygulamanın hangi gelişme evresinde ve hangi mekanizma üzerinden etkili olduğunu değerlendirmektir. İlk evre hücre bölünmesiyle, sonraki evre hücre genişlemesiyle karakterize olur; nihai meyve iriliği, bölünme ve genişleme hızı ile büyüme süresinin ortak sonucudur. Bu nedenle erken dönemde hücre sayısını artıran uygulamalar, ilerleyen dönemde olumsuz koşullar ortaya çıksa bile meyvenin büyüme potansiyelini yükseltir. Su yönetimi bu çerçevede merkezi bir yer tutar: sulama programının toprak nemi ve bitki su durumuna göre düzenlenmesi, özellikle hızlı büyüme evresinde su ve besin akışını kesintisiz sürdürür; kısıtlayıcı uygulamalar ise ancak kritik olmayan dönemlerde meyve iriliğini koruyabilir. Budama, seyreltme ve ürün yükünün dengelenmesi karbon kaynakları ile meyve arasındaki rekabeti azaltarak büyümeye ayrılan payı artırır; ışığın taç içine girişini iyileştiren uygulamalar fotosentetik kapasiteyi yükseltir. Floem engelleme, tutum dönemi düzenlemeleri ve uygun anaç seçimi karbonhidrat ve hormon dengesini meyve lehine değiştirir; azot, potasyum ve kalsiyum arzının zamanlaması ise büyüme ile kalite arasındaki dengeyi belirler. Bu derleme, meyve büyümesini artıran uygulamaların tek tek müdahaleler olarak değil, büyüme evreleriyle eşleştirilmiş bir bütün olarak planlanması gerektiğini savunmaktadır.

Anahtar kelimeler: hücre bölünmesi, hücre genişlemesi, meyve büyümesi, meyve iriliği, seyreltme

PRACTICES INCREASING FRUIT GROWTH

ABSTRACT

Fruit growth is a process extending from fruit set to harvest that depends on both the increase in cell number and the expansion of cell volume; any practice aimed at increasing fruit size must therefore support one or both of these components. The aim of this study is to classify

these practices together with their physiological bases and to evaluate which practice is effective at which developmental stage and through which mechanism. The early phase is characterized by cell division and the subsequent phase by cell expansion; final fruit size is the joint outcome of the rates of division and expansion and of the duration of growth. Practices that increase cell number early in development therefore raise the growth potential of the fruit even if unfavourable conditions arise later. Water management occupies a central place in this framework: scheduling irrigation according to soil moisture and plant water status keeps water and nutrient flows uninterrupted, particularly during the rapid growth phase, whereas restrictive applications can preserve fruit size only in non-critical periods. Pruning, thinning and balancing the crop load reduce competition between carbon sources and the fruit, increasing the share allocated to growth, while practices that improve light penetration into the canopy raise photosynthetic capacity. Phloem interruption, adjustments at the fruit-set stage and the choice of an appropriate rootstock shift the carbohydrate and hormonal balance in favour of the fruit, while the timing of nitrogen, potassium and calcium supply determines the balance between growth and quality. This review argues that practices increasing fruit growth should be planned not as isolated interventions but as a whole matched to the growth stages.

Keywords: cell division, cell expansion, fruit growth, fruit size, thinning

1. GİRİŞ

Meyve iriliği, üretici gelirini belirleyen en görünür kalite öğelerinden biridir; ancak bu özellik hasat anında ortaya çıkan bir sonuç değil, meyve tutumundan itibaren hücre bölünmesi ve hücre genişlemesi evrelerinde biriken bir sürecin çıktısıdır. Bu nedenle meyve büyümesini artırmaya yönelik uygulamalar, çoğu zaman tek tek müdahaleler olarak ele alınmakta ve beklenen sonuç elde edilememektedir. Bu derlemede, su yönetiminden taç ve ışık düzenlemesine, beslenmeden hormonal uygulamalara uzanan araçlar; meyvenin büyüme evreleriyle eşleştirilerek ele alınmaktadır.

Çalışmanın çıkış noktası, sahada sık karşılaşılan bir çelişkidir. Aynı sulama kısıtlaması bir bahçede meyve iriliğini artırırken, komşu bahçede iriliği düşürmekte; aynı gübreleme programı bir yıl olumlu sonuç verirken başka bir yılda etkisiz kalmaktadır. Bu farkın büyük bölümü, uygulamanın kendisinden değil, uygulamanın meyvenin hangi gelişme evresine denk geldiğinden kaynaklanmaktadır. Meyve büyümesi doğrusal bir süreç değildir: hücre sayısının belirlendiği erken dönem ile hücre hacminin belirlendiği geç dönem, birbirinden farklı kaynaklara ve farklı çevresel koşullara duyarlıdır. Dolayısıyla "ne yapmalı" sorusundan önce "ne zaman yapmalı" sorusunun yanıtlanması gerekir.

Derleme boyunca üç soruya yanıt aranacaktır. Birincisi, meyve iriliğini belirleyen fizyolojik bileşenler nelerdir ve bu bileşenler hangi evrede sabitlenir? İkincisi, elimizdeki yönetim araçları bu evrelerin hangisinde etkilidir, hangisinde etkisiz ya da zararlıdır? Üçüncüsü, aynı araçların farklı türlerde ve farklı koşullarda neden farklı sonuç verdiği, yani doz–süre–çeşit etkileşimi nasıl yönetilir? Bu üç soru, derlemenin omurgasını oluşturan evre–uygulama eşleştirmesini kuracaktır.

2. MEYVE BÜYÜMESİNİN FİZYOLOJİK TEMELİ: BÜYÜME EĞRİSİ VE ÜÇ EVRE

Meyve büyümesi, klasik olarak üç evreli bir eğri ile tanımlanır. Birinci evre hücre bölünmesinin baskın olduğu, taze ağırlık artışının hızlı ama irileşmenin sınırlı kaldığı dönemdir. İkinci evre yavaş büyüme dönemidir; çekirdekli meyvelerde bu dönem, büyümenin neredeyse durağanlaştığı bir plato olarak görünür. Üçüncü evre ise hücre genişlemesinin öne çıktığı ve hasat öncesi hızlı irileşmenin gerçekleştiği dönemdir. Bu üç evrenin süresi türden türe ve çeşitten çeşide değişir. Armutta hücre bölünmesi evresinin, erkenci çeşitlerde çiçeklenmeden sonraki 25–30 gün, geççi çeşitlerde ise 45 gün sürdüğü bildirilmektedir (Wu ve ark., 2013).

Armut özelinde sayısal bir çerçeve vermek yararlı olacaktır. Yapılan ölçümlerde meyve gelişiminin temmuz başına kadar yavaş ilerlediği, günlük büyüme hızının 0,7 cm^3'ün altında kaldığı ve temmuz başında ortalama meyve hacminin yaklaşık 25 cm^3 olduğu görülmüştür. Buna karşılık hasattan önceki iki ayda meyveler hızlı büyüme dönemine girmekte ve nihai meyve hacminin yaklaşık %70'i bu dönemde tamamlanmaktadır. Ağustos ortasında büyüme hızı en yüksek değerine, yaklaşık 1,7 cm^3/gün düzeyine ulaşmakta, sonrasında hasada kadar kademeli olarak azalmaktadır (Wu ve ark., 2013). Bu eğri, uygulama zamanlamasının neden bu kadar belirleyici olduğunu tek başına açıklar: nihai iriliğin büyük kısmı, takvimin görece dar bir penceresinde üretilir.

Burada kritik bir ayrımı netleştirmek gerekir. Nihai irilik, bölünme hızı, genişleme hızı ve büyüme süresinin ortak çıktısıdır; ancak bu üç bileşen birbirine eşdeğer değildir. Hücre sayısı geri döndürülemez biçimde erken evrede sabitlenir. Bu nedenle erken evrede yaşanan su stresi, meyve gelişimini etkileyerek ikinci evrede ulaşılabilecek potansiyel iriliği sınırlar: hücre genişlemesi sonradan hızlandırılabilse bile, sayısı eksik kalan hücrelerin telafisi yoktur. Konteyner koşullarında yetiştirilen armutlarda yapılan bir çalışmada bu mekanizma doğrudan gösterilmiştir: kısıtlı sulama uygulanan ağaçlarda hasatta meyveler kontrolden önemli ölçüde küçük bulunmuş, ancak hücre sayısı etkilenmezken meyve korteksindeki hücre boyutu küçülmüştür. Eksikli dönem boyunca biriken su stresinin integrali, korteksteki küçük hücre

boyutuyla doğrusal olarak ilişkili bulunmuştur (Marsal ve ark., 2000). Aynı çalışma, birinci evredeki su stresinin ikinci evrede ulaşılabilecek potansiyel iriliği sınırlayabileceği yorumunu yapmaktadır (Marsal ve ark., 2000).

Buradan çıkan ilk yönetim ilkesi şudur: büyüme eğrisi bir "hangi dönemde müdahale edebilirim" haritasıdır. Birinci ve üçüncü evreler, iriliğin fiilen üretildiği dönemlerdir ve bu dönemlerde su ve karbon arzının kesintiye uğraması doğrudan kayıp anlamına gelir. İkinci evre ise, büyümenin zaten yavaş olduğu ve türe bağlı olarak kısıtlamaya daha toleranslı davrandığı bir dönemdir.

3. SU YÖNETİMİ: DOĞRU DÖNEMDE, DOĞRU DOZDA KISITLAMA

Su yönetimi, meyve büyümesini etkileyen araçlar içinde en güçlü ve üzerinde en çok çalışılmış olanıdır. Kısıtlı sulamanın meyve iriliğine etkisi, iki farklı yönde ortaya çıkabilir: kısıtlama doğru dönemde ve ölçülü uygulandığında verim ve irilik korunabilir, hatta artabilir; yanlış dönemde veya aşırı dozda uygulandığında ise irilik düşer. Bu nedenle tartışma "kısıtlı sulama yapılmalı mı" değil, "hangi evrede, hangi şiddette, ne kadar süreyle" düzeyinde yürütülmelidir.

Yavaş büyüme evresinde uygulanan su kısıtlamasının olumlu sonucuna dair en net örnek, olgun armut bahçesinde elde edilmiştir. Temmuz başından hasada kadar geçen dönemde ortalama büyüme hızı, kısıtlama uygulanan ağaçlarda kontrolden %8,2 daha yüksek bulunmuş ve bu durum 2010 yılında 100 cm^3'lük nihai meyve hacmiyle sonuçlanmıştır (Wu ve ark., 2013). Verim ise aynı uygulamada kontrole göre 2009'da %16, 2010'da %19 artmıştır. Bu sonucu yorumlarken şu ayrıntı önemlidir: kısıtlama, vejetatif büyümenin zaten durduğu bir döneme denk getirilmiştir; olgun armut ağaçlarında vejetatif büyümenin çiçeklenmeden sonraki 50. günde neredeyse sona erdiği belirtilmektedir (Wu ve ark., 2013). Yani kazanç, büyümeyi baskılamaktan değil, aynı suyu daha verimli kullanmaktan ve rekabeti meyve lehine çevirmekten gelmektedir.

Türler arası farklılık da aynı derecede belirleyicidir. Şeftalide, meyve gelişiminin birinci ve ikinci evrelerinde tam sulamanın %25'i düzeyinde uygulanan kısıtlı sulama, meyvelerin daha küçük, daha hafif ve daha sert olmasıyla sonuçlanmıştır (Alcobendas ve ark., 2012). Şeftalinin erkenci bir çeşidinde yapılan bu çalışma, erken evredeki su stresinin irilik üzerindeki etkisinin sonradan telafi edilemediğini göstermesi bakımından öğreticidir. Kivide ise tablo daha esnektir: farklı su hacimlerinin nihai meyve ağırlığını anlamlı biçimde değiştirmediği, kontrol uygulamasında ortalama meyve ağırlığının 131 g olduğu bildirilmiştir (Boini ve ark., 2025). Bu esnekliğin bir açıklaması, kivide hasada yakın dönemde bile meyveye su taşınımının etkin biçimde sürmesi, yani meyvenin suyu güçlü biçimde çekebilmesidir; ksilemin sezonun ikinci

yarısında işlevini neredeyse tamamen yitirdiği de aynı çalışmada gösterilmiştir (Boini ve ark., 2025). Yani meyvenin su ile kurduğu ilişkinin anatomisi, kısıtlamaya verilen yanıtın tür bazında neden farklılaştığını açıklar.

Tropikal koşullardaki armut çalışması, dozun alt sınırına dair tamamlayıcı bir örnek sunar. Bitki su potansiyelinin ciddi düzeylere inmeyecek biçimde ayarlandığı kısıtlı sulama uygulamalarında, 2014 yılında en yüksek ortalama meyve ağırlığı 244,16 g olarak kaydedilmiş; ancak meyve sayısının kısıtlı parsellerde daha düşük olması, ağırlık ile meyve sayısı arasındaki rekabet etkisine işaret etmiştir (Vélez-Sánchez ve ark., 2020). Aynı çalışmada kısıtlı parsellerde küçük meyvelerin oranı daha yüksek çıkmış (Vélez-Sánchez ve ark., 2020), buna karşın sulama suyunda 2014'te %26,4 ve %39,6, 2015'te %51,7 ve %72,8 düzeyinde tasarruf sağlanmıştır (Vélez-Sánchez ve ark., 2020). Su kısıtlaması başladığında büyüme hızının düştüğü, sulama normale döndüğünde ya da yağış geldiğinde büyümenin yeniden başladığı da aynı çalışmada not edilmiştir (Vélez-Sánchez ve ark., 2020).

Nar örneği ise zamanlamanın gücünü en açık biçimde gösterir. Meyve büyümesinin doğrusal olduğu evrede %50 ETc düzeyinde uygulanan kısıtlı sulama, verimi koruyarak sulama suyunun %27'sini tasarruf ettirmiş ve meyvelerdeki besleyici organik bileşikleri artırmıştır (Gómez-Bellot ve ark., 2023). Buna karşılık sezon boyu sürekli kısıtlama uygulanan parsellerde pazarlanamayan meyve ağırlığı ve sayısı, kontrolün iki katı olarak kaydedilmiştir (Gómez-Bellot ve ark., 2023). Aynı türde, benzer su kısıtlaması ile farklı zamanlama, biri kazanç diğeri kayıp olan iki sonuç üretmiştir.

4. TAÇ YÖNETİMİ, ÜRÜN YÜKÜ VE IŞIK: REKABETİN DÜZENLENMESİ

Meyve iriliği, büyük ölçüde bir paylaşım sorunudur: sabit miktarda üretilen karbonhidratın taç, kök ve meyve arasında nasıl dağıtıldığı, nihai iriliği belirler. Bu nedenle taç yönetimi ve ürün yükü düzenlemesi, su yönetiminden bağımsız düşünülemeyecek ikinci büyük kaldıraçtır.

Ürün yükünün etkisi şeftalide ölçülmüştür: düşük ürün yüklü ağaçlardaki meyveler, ticari yükteki ağaçlara göre daha iri ve daha sert bulunmuştur (Alcobendas ve ark., 2012). Ancak aynı çalışmanın en önemli bulgusu, bu iki aracın birbirinin yerine geçmediğidir. Su stresi koşullarında seyreltme, stresin meyve iriliği üzerindeki olumsuz etkisini telafi edememiştir (Alcobendas ve ark., 2012). Yazarların yorumu oldukça açıktır: tam sulama koşullarında bazı meyveler potansiyel ağırlıklarına ulaşabilirken, kısıtlı sulama koşullarında hiçbir meyve potansiyel ağırlığına ulaşamadığı için rekabet düşük ürün yükünde bile güçlü kalmaktadır (Alcobendas ve ark., 2012). Bu, seyreltmenin ancak su arzı yeterli olduğunda işe yaradığı

anlamına gelir. Sıralama önemlidir: önce su ve karbon arzını güvence altına almak, sonra yükü düzenlemek.

Aynı çalışma, ışığın ve meyve konumunun rolünü de ortaya koyar. Meyvenin sürgün üzerindeki konumu, taç içindeki yüksekliği, güneşe maruziyeti ve yönü kaydedilmiş; güneşe yoğun biçimde maruz kalan meyvelerin su stresi koşullarında daha iri olduğu görülmüştür (Alcobendas ve ark., 2012). Yazarlar buradan pratik bir öneri çıkarır: ağaç üzerinde güneşe daha açık meyvelerin bırakıldığı bir dağılım, su stresinin irilik üzerindeki olumsuz etkilerini kısmen dengeleyebilir. Bu sonuç, taç yönetiminin yalnızca ışık geçirgenliği değil, aynı zamanda stres koşullarında bir tampon işlevi gördüğünü göstermesi bakımından önemlidir.

Taç yönetiminin bir diğer işlevi, vejetatif büyüme ile meyve arasındaki rekabeti azaltmaktır. Burada dikkat edilmesi gereken tuzak, vejetatif büyümeyi baskılamanın tek başına yeterli olduğu varsayımıdır. Nitekim daha önce aktarılan armut verilerinde, ikinci evrede şiddetli su kısıtlaması vejetatif büyümeyi etkin biçimde durduramadığı hâlde meyve gelişimini bozmuştur (Wu ve ark., 2013). Yani "vejetatif büyüme azaldı, dolayısıyla meyveye pay arttı" çıkarımı her zaman geçerli değildir. Rekabeti meyve lehine çevirmek için budama, seyreltme ve su yönetiminin aynı yönde ve aynı evrede çalışması gerekir.

REFERENCES

Alcobendas, R., Mirás-Avalos, J. M., Alarcón, J. J., Salcedo, F. P., & Nicolás, E. (2012). Combined effects of irrigation, crop load and fruit position on size, color and firmness of fruits in an extra-early cultivar of peach. Scientia Horticulturae, 142, 128–135. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.05.003

Boini, A., Bortolotti, G., Perulli, G. D., Grappadelli, L. C., & Manfrini, L. (2025). Fruit vascular flows in yellow-fleshed kiwi reveal tight relations between water availability and fruit growth potential, until harvest. Scientia Horticulturae, 350, 114337. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.114337

Gómez-Bellot, M. J., Parra, A. F. A., Nortes, P., Alarcón, J. J., & Ortuño, M. F. (2023). Searching for a deficit irrigation strategy to save water and improve fruit quality without compromising pomegranate production. Scientia Horticulturae, 324, 112631. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112631

Marsal, J., Rapoport, H. F., Manrique, T., & Girona, J. (2000). Pear fruit growth under regulated deficit irrigation in container-grown trees. Scientia Horticulturae, 85(4), 243–259. https://doi.org/10.1016/s0304-4238(99)00151-x

Vélez-Sánchez, J. E., Balaguera-López, H. E., & Álvarez-Herrera, J. G. (2020). Effect of regulated deficit irrigation (RDI) on the production and quality of pear Triunfo de Viena variety under tropical conditions. Scientia Horticulturae, 278, 109880. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109880

Wu, Y., Zhao, Z., Wang, W., Ma, Y., & Huang, X. (2013). Yield and growth of mature pear trees under water deficit during slow fruit growth stages in sparse planting orchard. Scientia Horticulturae, 164, 189–195. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.025

TERMAL KAMERALARIN BİTKİSEL ÜRETİMDE KULLANIMI

Prof. Dr. Servet ARAS
Yozgat Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, 66100 Merkez, Yozgat
ORCID ID: 0000-0002-0347-6552
Prof. Dr. Murat GÜNEY
Yozgat Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, 66100 Merkez, Yozgat
ORCID ID: 0000-0003-2882-8347

ÖZET

Termal kameralar, bitki yüzeyinden yayılan kızılötesi ışınımı ölçerek doku sıcaklığını temassız biçimde görüntüleyen araçlardır; bu özellik, bitki su durumu ile yüzey sıcaklığı arasındaki enerji dengesine dayanan ilişki sayesinde bitkisel üretimde doğrudan kullanılabilir hâle gelir. Bu çalışmanın amacı, termal kameraların bitkisel üretimdeki kullanım alanlarını, sağladığı bilgi türlerini ve sınırlılıklarını bütüncül biçimde değerlendirmektir. En yaygın kullanım alanı sulama planlamasıdır: transpirasyon arttıkça yaprak sıcaklığı düşer, su kısıtı altında stomalar kapanır ve sıcaklık yükselir; bu nedenle yaprak ile hava arasındaki sıcaklık farkı ve bitki su stres indeksi sulama zamanının belirlenmesinde gösterge olarak kullanılır. Termal görüntüleme aynı zamanda kuraklık, tuzluluk, sıcaklık stresi ve hastalık etmenlerinin erken belirtilerinin yakalanmasına, stoma davranışındaki farklılıkların görünür hâle getirilmesine ve genotipler arasında stres toleransının taranmasına olanak tanır. Örtü altı üretimde havalandırma ve iklim kontrolünün izlenmesinde, hasat sonrası süreçlerde ürün sıcaklığının ve soğuk zincirin denetiminde, don riskinin ve yüzey sıcaklığı dağılımının izlenmesinde kullanılır. İnsansız hava araçları ve taşınabilir platformlarla birleştirildiğinde tarla ve bahçe ölçeğinde alansal haritalama imkânı sunar. Ancak ölçümler rüzgâr, hava sıcaklığı, buhar basıncı açığı, bulutlanma ve yayma katsayısından etkilenir; taç yoğunluğu ve görüntü çözünürlüğü de yorumu güçleştirir. Bu derleme, termal kameraların tek başına değil, toprak nemi, spektral indeksler ve gaz değişimi ölçümleriyle birlikte değerlendirildiğinde güvenilir karar desteği sağladığını savunmaktadır.

Anahtar kelimeler: hassas tarım, kızılötesi termografi, sulama planlaması, uzaktan algılama, yaprak sıcaklığı

USE OF THERMAL CAMERAS IN PLANT PRODUCTION

ABSTRACT

Thermal cameras are instruments that image tissue temperature in a contact-free manner by measuring the infrared radiation emitted from the plant surface; through the energy-balance relationship between plant water status and surface temperature, this property becomes directly usable in plant production. The aim of this study is to evaluate holistically the areas of use of thermal cameras in plant production, the types of information they provide and their limitations. The most widespread use is irrigation scheduling: as transpiration increases leaf temperature

falls, whereas under water restriction stomata close and temperature rises; the leaf-to-air temperature difference and the crop water stress index are therefore used as indicators in determining irrigation timing. Thermal imaging also allows the early signs of drought, salinity, temperature stress and disease agents to be captured, differences in stomatal behaviour to be made visible, and stress tolerance to be screened among genotypes. It is used in monitoring ventilation and climate control in protected cultivation, in controlling product temperature and the cold chain in postharvest processes, and in monitoring frost risk and the distribution of surface temperature. Combined with unmanned aerial vehicles and portable platforms, it offers areal mapping at field and orchard scale. However, measurements are affected by wind, air temperature, vapour pressure deficit, cloud cover and emissivity; canopy density and image resolution also complicate interpretation. This review argues that thermal cameras provide reliable decision support when evaluated not alone but together with soil moisture, spectral indices and gas exchange measurements.

Keywords: infrared thermography, irrigation scheduling, leaf temperature, precision agriculture, remote sensing

1. GİRİŞ

Bitkisel üretimde kararların çoğu, görünen belirtilere dayanarak verilir. Oysa su stresi, beslenme bozukluğu ve hastalık gibi sorunlar, yaprakta ya da meyvede görünür hale gelmeden çok önce fizyolojik düzeyde başlar. Bu gecikme, müdahalenin de gecikmesi anlamına gelir. Termal kameraların bitkisel üretimdeki değeri tam bu noktada ortaya çıkar: termal kızılötesi görüntüleme, görünür bölgenin dışında çalıştığı için belirtiler ortaya çıkmadan önce stres tespitinde çok değerli bir yöntemdir (Pineda ve ark., 2020).

Derlemenin çıkış noktası, sık karşılaşılan bir yanlış anlamadır. Termal kamera bir stres ölçer değildir; yüzey sıcaklığını ölçer. Bitki yüzey sıcaklığı ise transpirasyonla soğuma ile çevre koşullarının ortak sonucudur. Termal görüntüleyiciler yüzey sıcaklığını, yüzey sıcaklığının bir fonksiyonu olarak değişen uzun dalga kızılötesi ışınımın emisyonundan tahmin eder (Prashar ve Jones, 2014). Taç yüzey sıcaklığı transpirasyon arttıkça buharlaşmalı soğuma nedeniyle azalır; transpirasyon hızı da stoma açıklığı tarafından düzenlenir (Prashar ve Jones, 2014). Dolayısıyla sıcaklık farkı bize stoma davranışı hakkında bilgi verir, ama tek başına stresin türünü söylemez. Bu ayrımı baştan kurmak, derlemenin geri kalanının da çerçevesini belirler.

Derleme boyunca üç soruya yanıt aranacaktır. Birincisi, yüzey sıcaklığı ölçümünü güvenilir kılan fiziksel temel nedir; emissivite ve referans yüzeyler neden bu kadar belirleyicidir? İkincisi, hangi uygulama alanları bugün sahada gerçekten olgunlaşmıştır, hangileri henüz

araştırma düzeyindedir? Üçüncüsü, aynı ölçümün farklı koşullarda neden farklı sonuç verdiği ve bu farkın ölçüm protokolüyle nasıl azaltılabileceği? Bu üç soru, derlemenin omurgasını oluşturan "temel – uygulama – sınırlılık" akışını kuracaktır.

2. TERMAL ÖLÇÜMÜN FİZİKSEL TEMELİ: DALGA BOYU, EMİSSİVİTE VE REFERANSLAR

Termal kameranın ne ölçtüğünü netleştirmekle başlamak gerekir. Termal uzun dalga kızılötesi kameralar, termal aralıkta (8–14 µm) yayılan ışınımı kaydedebilen kalibre edilmiş sensörlerdir ve her piksel için sıcaklık değeri içeren görüntüler üretir (Pineda ve ark., 2020). Dalga boyu seçiminin bir nedeni vardır: termal kameraların duyarlı spektral aralığı 3–14 µm olup en yaygın kullanılan dalga boyları 3–5 µm veya 7–14 µm'dir ve bu iki aralıkta atmosferik geçirgenlik maksimuma yakındır (Li ve ark., 2014). Uzun mesafeli ve uzun atmosferik yol içeren ölçümlerde 8–14 µm aralığı, atmosferik absorpsiyondan kaynaklanan hataları en aza indirir (Li ve ark., 2014). Aynı gerekçe tarım uygulamaları literatüründe de vurgulanır: 3–5 µm bölgesinin gündüz görüntülerinde güneş yansımasıyla örtüşmesi nedeniyle yorumlanması güçtür, bu nedenle 8–14 µm bölgesi termal uzaktan algılama için en fazla ilgi gören aralık olmuştur (Ishimwe ve ark., 2014).

İkinci temel konu emissivitedir. Bitki yaprakları için farklı emissivite değerleri bildirilmiş olup bu değerler tipik olarak 0,94 ile 0,99 arasında değişmektedir; ancak bu değerler türe, yaprağın ekolojik-fizyolojik durumuna, kimyasal bileşimine ve yapısal özelliklerine bağlıdır (Hahn ve ark., 2026). Termal ölçümlerdeki başlıca hata kaynaklarından biri, sıcaklıkların olduğundan yüksek ya da düşük hesaplanmasına yol açabilen hatalı emissivite ayarıdır (Hahn ve ark., 2026). Uygulamada, vejetasyon için yaygın biçimde kullanılan standart bir varsayım olarak 0,98 sabit değeri kullanılabilmektedir (Hahn ve ark., 2026); ancak bu tercihin geçerliliği, analizin temsili piksellerle sınırlandırılmasına ve karışık piksel etkilerinin en aza indirilmesine bağlıdır (Hahn ve ark., 2026).

Üçüncü konu, sıcaklığın yorumlanmasıdır. Termogramları stoma iletkenliği açısından yorumlarken dikkat edilmesi gereken bir nokta vardır: bitki yüzey sıcaklığı esas olarak hava sıcaklığı ve bağıl nem gibi çevresel faktörler tarafından belirlenir (Pineda ve ark., 2020). Üst düzey termal kameralar bu iki parametre için düzeltme yapsa da taç sıcaklığını rüzgâr hızı ve ışık yoğunluğu ile yaprak boyutu, yaprak açısı ve taç yapısına uzanan bitki özellikleri de etkiler (Pineda ve ark., 2020). Bu nedenle literatürde bir dizi düzeltme yaklaşımı, yani termal stres indeksleri geliştirilmiştir.

3. SULAMA YÖNETİMİ

Termal ölçümün en yerleşik kullanım alanı sulama yönetimidir. Taç sıcaklığı ölçümü kızılötesi termometrelerle uzun yıllardır, özellikle sulama programlaması amacıyla kullanılmaktadır (Prashar ve Jones, 2014). Termal görüntüleme bu geleneği iki yönde genişletmiştir: ölçüm artık nokta değil alan düzeyindedir ve görüntüleme, termometrelere veya emek yoğun porometriye göre çok daha fazla tekrara imkân verdiği için yüksek verimli tarama sistemlerine uygundur (Prashar ve Jones, 2014).

Sulama yönetimindeki temel mantık, stoma iletkenliğinin doğrudan ölçülemediği durumlarda taç sıcaklığının dolaylı gösterge olarak kullanılmasıdır; su stresi altında bitkide su azalması fotosentez hızını düşürür ve stoma kapanmasını artırır, bu da CO_2 alımını ve transpirasyonu azaltarak bitki sıcaklığının yükselmesine yol açar (Huang ve ark., 2020). Ancak burada bir uyarı gereklidir: yaprak sıcaklığı ölçümleri tek başına bitki su durumunun iyi bir göstergesi değildir (Gómez-Bellot ve ark., 2023). Nitekim nar çalışmasında yaprak sıcaklığı sulama uygulamalarından etkilenmemiş, bu durum sıcaklık ölçümleri ile iklim değişkenleri arasındaki güçlü etkileşime işaret etmiştir (Gómez-Bellot ve ark., 2023).

Fidan düzeyinde yapılan güncel bir çalışma, indeksin ayırt ediciliğini de sayısallaştırmıştır. CWSI, günlük minimum ağaç su açığı ($\rho = 0{,}42$), şafak öncesi su potansiyeli ($\rho = -0{,}42$) ve toprak su içeriği ($\rho = -0{,}45$) gibi kuraklık stresi göstergeleriyle orta düzeyde ama anlamlı ($p < 0{,}001$) korelasyonlar göstermiştir; erken kuraklık stresi tahmininde CWSI ana belirleyici olarak %70,7 dengeli doğruluk (Cohen's Kappa $\kappa = 0{,}44$) elde edilmiştir (Hahn ve ark., 2026). Toprak su içeriği ve buhar basıncı açığı gibi ek belirleyicilerin modele eklenmesi performansı %92,4 dengeli doğruluk ve $\kappa = 0{,}85$ düzeyine çıkarmış, ancak ölçüm emeğini artırmıştır (Hahn ve ark., 2026). İskeletli topraklarda toprak nemi ölçümünün güç olduğu yerlerde CWSI temelli yaklaşım pratik bir araç olarak önerilmekte ve erken kuraklık stresini gösteren eşik değerleri operasyonel sulama programlamasına temel oluşturacak biçimde türetilmiştir (Hahn ve ark., 2026).

Ölçümün büyüklük mertebesini görmek için bazı karşılaştırmalar yararlıdır. Yeşil fasulyede en düşük ve en yüksek Tc−Ta değerleri sırasıyla stres görmeyen I-100 ve tam su stresi altındaki I-25 uygulamalarından elde edilmiş, uygulamalar arasındaki fark 2,7 °C olarak bulunmuştur (Çamoğlu ve Genç, 2013). Ayçiçeğinde su stresi altındaki bitkinin sıcaklığı stres görmeyen bitkiden 3–5 °C daha yüksek ölçülmüştür (Çamoğlu ve Genç, 2013). Bu büyüklükler, sıcaklık ölçümündeki hataların neden bu kadar kritik olduğunu açıklar: birkaç derecelik yanlışlık, uygulamalar arasındaki farkın kendisi kadar büyüktür.

Meyve ağaçlarında indeksin performansı tür bazında değişmektedir. Derleme niteliğindeki kaynakta, turunçgilde Tc − Ta ile su potansiyeli arasında R^2 = 0,42–0,76, bağda CWSI ile net fotosentez arasında R = −0,80, zeytinde CWSI ile stoma iletkenliği arasında R^2 = 0,91 düzeyinde ilişkiler bildirilmiştir (Huang ve ark., 2020). Aynı kaynak, termal görüntülemenin bahçe düzeyinde su durumunun mekânsal değişkenliğini izlemek için kullanılabildiğini, böylece çok sayıda yerinde sensör kurmaya gerek kalmadan geniş alanlardan hızlı veri elde edilebildiğini ve İHA tabanlı termal görüntülemenin tüm bahçenin su durumunu haritalayabildiğini belirtir (Huang ve ark., 2020). Bu, modülasyonlu sulama stratejileri için daha ayrıntılı bir referans sağlar (Huang ve ark., 2020).

REFERENCES

Çamoğlu, G., & Genç, L. (2013). Determination Of Water Stress Using Thermal And Spectral Indices From Green Bean Canopy. Çanakkale Onsekiz Mart University AVESIS. https://doi.org/10.5072/zenodo.25540

Gómez-Bellot, M. J., Parra, A. F. A., Nortes, P., Alarcón, J. J., & Ortuño, M. F. (2023). Searching for a deficit irrigation strategy to save water and improve fruit quality without compromising pomegranate production. Scientia Horticulturae, 324, 112631. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112631

Hahn, L. A., Schmidt, M., Ahishali, M., Junttila, S., Rothe, A., Rammig, A., & Zang, C. (2026). Capturing early signs of drought stress in tree saplings with a low-cost thermal camera to support irrigation monitoring in drought-prone reforestation sites. Ecological Informatics, 96, 103814. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2026.103814

Huang, Y., Ren, Z., Li, D., & Liu, X. (2020). Phenotypic techniques and applications in fruit trees: a review. Plant Methods, 16(1), 107. https://doi.org/10.1186/s13007-020-00649-7

Ishimwe, R., Abutaleb, K., & Ahmed, F. (2014). Applications of Thermal Imaging in Agriculture—A Review. Advances in Remote Sensing, 3(3), 128–140. https://doi.org/10.4236/ars.2014.33011

Li, L., Zhang, Q., & Huang, D. (2014). A Review of Imaging Techniques for Plant Phenotyping. Sensors, 14(11), 20078–20111. https://doi.org/10.3390/s141120078

Pineda, M., Barón, M., & Pérez-Bueno, M. L. (2020). Thermal Imaging for Plant Stress Detection and Phenotyping. Remote Sensing, 13(1), 68. https://doi.org/10.3390/rs13010068

Prashar, A., & Jones, H. G. (2014). Infra-Red Thermography as a High-Throughput Tool for Field Phenotyping. Agronomy, 4(3), 397–417. https://doi.org/10.3390/agronomy4030397

Švara, A., Upchurch, D., Goderis, B., Colaers, M., Deckers, T., Keulemans, W., Abts, W., Storme, N. D., & Maeyer, L. D. (2025). Differential scanning calorimetry: a novel approach to study spring frost tolerance in pome tree floral tissues. Fruit Research, 5(1), 0. https://doi.org/10.48130/frures-0025-0003

KAPYA TİPİ BİBERLERDE TSWV'ye DAYANIKLI AÇIK ARAZİ'YE UYGUN ÇEŞİT GELİŞTİRME

Merve GÜNEY[1]*, Esra SARPYAR[1] , Rasoul ONSİNEJAD[1]
[1]: Toya Tohum, Kurşunlu Mah. 12085 Sok. No:107 AKSU/ANTALYA

ÖZET

Türkiye, Avrupa'nın en önemli taze biber tedarikçilerinden biri olup, ülkedeki yaklaşık 1,6 milyon tonluk toplam biber üretiminin üçte birini kapya tipi biberler (*Capsicum annuum* L.) oluşturmaktadır (TÜİK, 2023). Ancak ekonomik değeri yüksek olan kapya biber üretimi, ticari alanlarda %50-90 oranında enfeksiyona yol açarak bitkisel verimliliği doğrudan baltalayan *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) tehdidi altındadır (Adkins, 2000). Bu çalışmada, yerli kapya biber gen havuzunda hem yüksek ticari potansiyele hem de TSWV direncine sahip saf hatların biyolojik testleme yoluyla belirlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırmada, önceki üretim sezonlarında moleküler marker analizleriyle karakterize edilmiş ve agronomik performansları yüksek 300 saf kapya biber hattı bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Alçak tünel sistemi kullanılarak açık arazi koşullarına aktarılan bitkiler; genel gelişim durumları, meyve özellikleri ve verim potansiyellerine göre seleksiyona tabi tutulmuş ve istenilen özellikleri gösteren 120 hat bir sonraki aşama için seçilmiştir. Seçilen genotiplere, Akdeniz Üniversitesi ve Troya Tohum istasyonundan temin edilen TSWV izolatları kullanılarak mekanik inokülasyon uygulanmıştır. Fidelerin ilk gerçek yaprak aşamasında, soft sponge pad yöntemiyle ve uygulama kaynaklı farklılıkları en aza indirmek amacıyla gün aşırı olmak üzere toplam dört kez tekrarlı bulaştırma yapılmıştır.

İnokülasyon işleminden 21 gün sonra gerçekleştirilen gözlemlerde, genç yapraklara yapılan yoğun ve tekrarlı uygulamaya rağmen bitkilerde viral enfeksiyon gelişiminin oldukça nadir görüldüğü saptanmıştır. İncelenen toplam 906 adet test bitkisi içerisinden sadece 4 hattın yapraklarında TSWV semptomları ve hastalık saptaması yapılmıştır. Elde edilen bu şaşırtıcı bulgular, test edilen popülasyonun TSWV'ye karşı yüksek düzeyde genetik direnç barındırdığına veya mekanik inokülasyon etkinliğinin çevresel faktörler ile virüs konsantrasyonuna bağlı olarak sınırlı kaldığına işaret etmektedir. Bu metodolojik risk nedeniyle, semptom göstermeyen hatların doğrudan "dayanıklı" olarak sınıflandırılması yanıltıcı olabilir. Bu doğrultuda, TSWV'ye dayanıklı ve ticari potansiyeli yüksek yeni yerli kapya biber çeşitlerinin geliştirilmesi hedefinde elit ebeveyn hatlarını doğru seçebilmek için, reaksiyon göstermeyen bu hatların sonraki aşamalarda vektör aracılı bulaştırma testlerine tabi tutulması ve moleküler yöntemlerle tekrardan doğrulanması kritik öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

- Adkins, S. (2000). Tomato spotted wilt virus—positive steps towards negative success. *Molecular Plant Pathology*, 1(3), 151-157.
- TÜİK, (2023). *Bitkisel Üretim İstatistikleri, 2023*. Türkiye İstatistik Kurumu, Haber Bülteni, Sayı: 49516, Ankara.

Anahtar Kelimeler: *Capsicum annuum* L., Kapya Biber, TSWV, Mekanik İnokülasyon, Çeşit Islahı.

DEVELOPMENT OF OPEN-FIELD ADAPTED KAPYA-TYPE PEPPER VARIETIES RESISTANT TO TSWV

ABSTRACT

Türkiye is one of the most important fresh pepper suppliers in Europe, and kapya-type peppers (*Capsicum annuum* L.) account for one-third of the country's total pepper production of approximately 1.6 million tons (TÜİK, 2023). However, the production of kapya peppers, which possess high economic value, is under the threat of Tomato spotted wilt virus (TSWV), directly undermining crop productivity by causing 50-90% infection rates in commercial areas (Adkins, 2000). This study aimed to identify pure lines within the domestic kapya pepper gene pool that possess both high commercial potential and TSWV resistance through biological testing.

In the research, 300 pure kapya pepper lines, which were characterized by molecular marker analyses in previous production seasons and exhibited high agronomic performance, were used as plant material. The plants, transferred to open-field conditions using a low tunnel system, were subjected to selection based on their general growth status, fruit characteristics, and yield potentials, and 120 lines showing the desired traits were selected for the next stage. Mechanical inoculation was applied to the selected genotypes using TSWV isolates obtained from Akdeniz University and the Troya Tohum station. At the first true leaf stage of the seedlings, repeated inoculations were performed a total of four times on alternate days using the soft sponge pad method to minimize application-sourced variations.

In the observations carried out 21 days after the inoculation process, it was determined that the development of viral infection in the plants was highly rare, despite the intensive and repeated application performed on young leaves. Out of a total of 906 test plants examined, TSWV symptoms and disease detection were observed in the leaves of only 4 lines. These surprising findings indicate either that the tested population harbors a high level of genetic resistance against TSWV, or that the efficiency of mechanical inoculation remained limited depending on environmental factors and virus concentration. Due to this methodological risk, classifying non-symptomatic lines directly as "resistant" could be misleading. Accordingly, in order to accurately select elite parental lines for the objective of developing new domestic kapya pepper

varieties with high commercial potential and TSWV resistance, it is of critical importance to subject these non-reactive lines to vector-mediated transmission tests in subsequent stages and to re-verify them through molecular methods.

REFERENCES

- Adkins, S. (2000). Tomato spotted wilt virus—positive steps towards negative success. *Molecular Plant Pathology*, 1(3), 151-157.
- TÜİK, (2023). Bitkisel Üretim İstatistikleri, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu, Haber Bülteni, Sayı: 49516, Ankara.

Keywords: *Capsicum annuum* L., Kapya Pepper, TSWV, Mechanical Inoculation, Variety Breeding.

ARONYA MEYVESİNDEN FENOLİK BİLEŞİKLERİN ULTRASES DESTEKLİ EKSTRAKSİYONU ÜZERİNE METANOL KONSANTRASYONUNUN ETKİSİ

Zeynep SOLMAZ ÇAKIRTAŞ
Tokat Gaziosmanpaşa University, Institute of Graduate Studies, Department of Food Engineering, Tokat
ORCID ID: 0009-0004-9507-8624
Doç. Dr. Kader TOKATLI
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Tokat
ORCID ID: 0000-0002-3837-0248

ÖZET

Aronya (*Aronia melanocarpa*), yüksek fenolik madde içeriği ve güçlü antioksidan aktivitesi ile bilinen değerli bir meyvedir. Bu çalışmanın amacı, aronyadan fenolik bileşiklerin ultrases destekli ekstraksiyon ile maksimum verimle elde edilmesi üzerine metanol konsantrasyonunun etkisini belirlemektir. Çalışmada farklı metanol konsantrasyonu (%40, 65, 90), ultrases gücü (50, 125, 200 W), görev döngüsü (10:6, 10:8, 10:10) ve ekstraksiyon süresini (5, 12.5, 20 dk) esas alan 25 farklı nokta belirlenerek toplam fenolik madde miktarı üzerine etkileri ölçülmüştür. Elde edilen bulgulara göre, Aronyadan ultrasonik ekstraksiyon ile elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde miktarları 19.5464- 44.6726 mgGAE/g arasında değişiklik göstermiş, ortalama 31.5689 mgGAE/g olarak kaydedilmiştir. Metanol konsantrasyonu ekstraksiyon verimi üzerinde en belirgin etkiye sahip parametre olmuştur. %90 gibi yüksek metanol oranları, ortam polaritesini bozarak fenolik geçişini sınırlandırmıştır. En düşük toplam fenolik madde miktarı metanol konsantrasyonunun %90, ultrasonik gücün 125 Watt, görev döngüsünün 10:8 sn/sn ve ekstraksiyon süresinin 5 dakika olduğu denemede 19.5464 mgGAE/g olarak kaydedilmiştir. Buna karşılık, su-alkol dengesinin ideal olduğu %65 metanol konsantrasyonunda en yüksek ekstraksiyon performansı sergilenmiştir. Metanol konsantrasyonunun artması, çözücünün aronya hücre duvarlarına ve zarlarına çok daha kolay nüfuz etmesini sağlayarak hücre içinde hapsolmuş fenolik maddelerin çözücü ortamına çekilmesini hızlandırmıştır. Maksimum toplam fenolik madde eldesi %65 metanol, 200 W ultrases gücü, 10:8 görev döngüsü ve 20 dakika süre sonunda 44.6726mgGAE/g olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma aronyadan fenolik bileşiklerin maksimum verimle elde edilmesinde çözücü polaritesinin kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Aronya, ultrases destekli ekstraksiyon, toplam fenolik madde, metanol

THE EFFECT OF METHANOL CONCENTRATION ON THE ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION OF PHENOLIC COMPOUNDS FROM ARONIA

ABSTRACT

Aronia (*Aronia melanocarpa*) is a highly valued fruit recognized for its high phenolic content and potent antioxidant activity. The objective of this study was to determine the effect of methanol concentration on maximizing the extraction yield of phenolic compounds from aronia using ultrasound-assisted extraction. In this study, 25 different experimental points were designated based on varying methanol concentrations (40%, 65%, 90%), ultrasound powers (50, 125, 200 W), duty cycles (10:6, 10:8, 10:10), and extraction times (5, 12.5, 20 min) to evaluate their effects on the total phenolic content. According to the findings, the total phenolic content of the extracts obtained from aronia via ultrasonic extraction ranged from 19.5464 to 44.6726 mg GAE/g, with an average value of 31.5689 mg GAE/g. Methanol concentration emerged as the parameter with the most significant impact on extraction yield. High methanol proportions, such as 90%, disrupted the polarity of the medium and consequently restricted the transfer of phenolic compounds. The lowest total phenolic content, recorded as 19.5464 mg GAE/g, was observed in the experimental trial featuring a 90% methanol concentration, 125 W ultrasonic power, a 10:8 s/s duty cycle, and a 5-minute extraction time. Conversely, the highest extraction performance was demonstrated at a 65% methanol concentration, which provided an optimal water-alcohol equilibrium. Increasing the methanol concentration allowed the solvent to penetrate the aronia cell walls and membranes much more readily, thereby accelerating the migration of intracellularly entrapped phenolic compounds into the solvent medium. The maximum total phenolic yield was determined to be 44.6726 mg GAE/g, achieved under the conditions of 65% methanol, 200 W ultrasound power, 10:8 duty cycle, and 20-minute extraction period. In conclusion, this study demonstrates that solvent polarity plays a critical role in maximizing the extraction yield of phenolic compounds from aronia.

Keywords: Aronia, ultrasound-assisted extraction, total phenolic content, methanol

1. GİRİŞ

Doğal antioksidan kaynaklarına ve fonksiyonel gıdalara olan ilginin küresel çapta artmasıyla birlikte, Aronya (*Aronia melanocarpa*) meyvesi, sahip olduğu yüksek besin değeri ve fitokimyasal özellikleri sayesinde özellikle gıda endüstrisinin odak noktalarından biri haline gelmiştir. Rosaceae familyasına ait, anavatanı Kuzey Amerika olan bu üzümsü meyve, günümüzde Avrupa ve Asya başta olmak üzere dünyanın birçok bölgesinde yetiştirilmektedir. Aronya meyvesinin sağlığa olan faydaları; oksidatif stresi azaltma, kardiyovasküler hastalıkları önleme, anti-inflamatuar, antidiyabetik ve antikanser etkiler gösterme gibi geniş bir biyolojik

aktivite yelpazesini kapsamaktadır (Jurendić ve Ščetar, 2021; Kaczmarczyk ve ark., 2025; Chen ve ark., 2026). Meyvenin bu eşsiz biyoaktif profilinin temelinde ise yapısında olağanüstü yüksek miktarlarda bulunan fenolik bileşikler yatmaktadır.

Aronyanın fenolik bileşimi oldukça zengin ve komplekstir. Meyve, özellikle antosiyaninler (siyanidin glikozitleri), proantosiyanidinler, flavonoller (kuersetin ve türevleri) ve fenolik asitler (klorojenik asit, neoklorojenik asit) açısından son derece zengin bir kaynaktır. Diğer birçok orman meyvesi ile kıyaslandığında, aronyanın toplam polifenol içeriği ve buna bağlı olarak sergilediği in vitro ve in vivo antioksidan kapasitesi çok daha yüksektir (Borowska ve Szajdek, 2003; Benvenuti ve ark., 2004; Tokatlı ve Küpcü, 2024; Lidiková ve ark., 2025). Bu değerli biyoaktif bileşenlerin gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde doğal katkı maddeleri veya takviyeler olarak kullanılabilmesi için, bitkisel matriksten yüksek verimle, bozunmadan ve ekonomik bir şekilde ekstrakte edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Geleneksel ekstraksiyon yöntemleri (katı-sıvı ekstraksiyonu, soxhlet vb.), yüksek miktarda çözücü kullanımı, uzun işlem süreleri ve bileşiklerin termal bozunmasına yol açabilen yüksek sıcaklık gereksinimleri nedeniyle dezavantajlara sahiptir (Chemat ve ark., 2012). Bu durum, çevre dostu ve yenilikçi ekstraksiyon teknolojilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda, Ultrasonik Destekli Ekstraksiyon (UDE), biyoaktif bileşenlerin eldesinde öne çıkan en etkili, modern ve sürdürülebilir yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Ultrasonikasyon, sıvı ortamda ses dalgalarının yayılmasıyla mikroskobik kabarcıkların oluşumuna ve şiddetle patlamasına neden olan "akustik kavitasyon" fenomenine dayanır. Kavitasyon sonucu oluşan yerel yüksek sıcaklık ve basınç değişimleri bitki hücre duvarının parçalanmasını sağlayarak çözücünün hücre içine nüfuzunu artırır ve fenolik bileşiklerin çözücü ortamına kütle transferini önemli ölçüde hızlandırır (Chemat ve ark., 2017; Medina-Torres ve ark., 2017).

Ultrasonik ekstraksiyonun verimliliği ekstraksiyon süresi, ultrasonik güç, sıcaklık, katı-sıvı oranı ve çözücü tipi gibi birçok işlem parametresine bağlıdır. Tüm bu parametreler arasında, çözücünün türü ve konsantrasyonu en kritik faktörler arasındadır. Kullanılacak çözücünün polaritesi ile hedeflenen fenolik bileşiklerin polaritesinin uyumlu olması gerekmektedir. Bu nedenle, etanol ve metanol gibi gıda endüstrisinde toksik olmayan, GRAS statüsündeki sulu karışımlar en yaygın kullanılan çözücülerdir (Irakli ve ark., 2018; Kavela ve ark., 2023).

Bu çalışmada aronyadan fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için ultrases destekli ekstraksiyon kullanılarak ekstraksiyonun etkinliği üzerine metanol konsantrasyonunun etkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu araştırmada bitkisel materyal olarak, Yalova (Türkiye) lokasyonundaki meyve bahçelerinden hasat edilen aronya (*Aronia melanocarpa*) meyveleri kullanılmıştır. Hasat sonrası süreçte meyveler; fiziksel kusurlu, zedelenmiş ve çürük olanların uzaklaştırılması amacıyla ön ayıklama işlemine tabi tutulmuş ve saplarından temizlenmiştir. Ön hazırlığı tamamlanan meyveler, etüv (Mikrotest MST120, Türkiye) cihazında 50°C sıcaklıkta yaklaşık 3 gün süresince kurutulma işlemine alınmıştır. Kurutulmuş aronya meyveleri, laboratuvar tipi bir değirmen (Demsan, Türkiye) yardımıyla öğütülerek toz formuna getirilmiş ve gerçekleştirilecek analiz aşamalarına kadar +4°C sıcaklık koşullarında depolanmıştır.

Metot

Aronya meyvesi fenolik bileşenlerinin ultrases destekli ekstraksiyonu

Aronya meyvelerinden fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu amacıyla yürütülen ultrases destekli ekstraksiyon prosesinde, 3 mm prob çapına sahip bir ultrasonik homojenizatör (Nanolinker NL200, Çin) kullanılmıştır. Deneysel prosedür kapsamında; öğütülerek toz formuna getirilen 4 g aronya örneği 50 mL hacimli santrifüj tüplerine aktarılmış ve üzerine belirlenmiş konsantrasyona sahip 36 mL metanol çözeltisi [1:9 (w/v)] ilave edilmiştir. Hazırlanan homojen karışımlar ultrasonik homojenizatör sistemine entegre edilmiş ve ekstraksiyon işlemi spesifik olarak belirlenen parametreler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Ultrasonikasyon basamağının ardından, elde edilen ekstraktlar katı-sıvı faz ayrımının sağlanması için 4000 rpm hızda 5 dakika boyunca santrifüj (NUVE NF800, Türkiye) işlemine tabi tutulmuştur. Ardından, süpernatant kısmı bir vakum pompası (DRVAC 400, Tayvan) yardımıyla filtrelenerek elde edilen süzüntü (filtrat) uygun bir toplama kabında biriktirilmiştir. Son aşamada, süzüntü içerisinde yer alan organik çözücü (metanol), döner buharlaştırıcı (rotary evaporatör) (NUVE NF800, Türkiye) vasıtasıyla ortamdan uzaklaştırılarak ekstrakt elde edilmiştir.

Toplam fenolik madde

Ekstraktların toplam fenolik madde miktarının tayininde, Franke ve ark. (2004) tarafından rapor edilen spektrofotometrik metot temel alınmıştır. Analiz prosedürü kapsamında; 1 mL ekstrakt örneğine sırasıyla 5 mL Folin-Ciocalteu ayracı (%10, v/v) ve 15 mL sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$) (%20) çözeltisi ilave edilmiş, ardından son hacim saf su ile 100 mL'ye tamamlanmıştır. Karışım, reaksiyonun gerçekleşmesi amacıyla ışıksız ortamda 2 saat boyunca inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon periyodunun tamamlanmasının ardından, örneklerin

absorbans değerleri UV/VIS spektrofotometre cihazı aracılığıyla 760 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Kalibrasyon eğrisinin oluşturulmasında referans standart olarak gallik asit kullanılmış olup, elde edilen kantitatif veriler gallik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden rapor edilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Aronya meyvesi fenolik bileşenlerinin ultrases destekli ekstraksiyonu farklı metanol konsantrasyonu (%40, 65, 90), ultrases gücü (50, 125, 200 W), görev döngüsü (10:6, 10:8, 10:10) ve ekstraksiyon süresini (5, 12.5, 20 dk) esas alan 25 farklı deneysel noktada gerçekleştirilmiş ve toplam fenolik madde miktarları belirlenmiştir (Çizelge 3.1). Gerçekleştirilen analizler neticesinde, elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde içeriklerinin 19.5464 ile 44.6726 mg GAE/g aralığında değişiklik gösterdiği tespit edilmiş olup, ortalama değeri 31.5689 mg GAE/g olarak saptanmıştır.

Ultrases destekli ekstraksiyon prosesinin verimliliği spesifik proses parametrelerinin doğrudan etkisi altındadır. Söz konusu değişkenler içerisinde, tercih edilen çözücünün cinsi ve konsantrasyonu en kritik belirleyici faktörler olarak öne çıkmaktadır. Optimum düzeyde fenolik madde geri kazanımının sağlanabilmesi için, kullanılacak ekstraksiyon çözücüsünün polaritesi ile ekstraksiyonu hedeflenen fenolik bileşiklerin polarite özelliklerinin birbiriyle yüksek düzeyde uyumlu olması gerekir. Çalışmada toksik etkili olmayan %40, %65 ve %90'lık metanol kullanılarak aronya fenoliklerinin ekstraksiyonu üzerine etkileri incelenmiştir.

Çizelge 3.1 incelendiğinde en yüksek toplam fenolik madde miktarlarına %65 metanol konsantrasyonunun kullanıldığı denemelerde ulaşıldığı görülmektedir. Özellikle 18 numaralı denemede (200 Watt, 10:8 görev döngüsü, 20 dakika) tüm denemelerin en yüksek değeri olan 44.6726 mgGAE/g elde edilmiştir. Benzer şekilde 8 numaralı denemede 42.6776 mgGAE/g ve 14 numaralı denemede 41.8104 mgGAE/g gibi yüksek değerler de yine %65 metanol konsantrasyonunda görülmektedir. Bu durum, aronya meyvesindeki fenolik bileşenlerin çözünürlüğü için en uygun polarite dengesinin %65'lik konsantrasyonda sağlandığını göstermektedir. Fenolik bileşikler yapısal olarak çeşitlilik gösterir; bazıları suda daha iyi çözünürken, bazıları organik çözücülere daha yatkındır. Çalışmada denenen %65 metanol ve %35 su karışımı, hem fenolik asitler gibi polar bileşikleri hem de flavonoidler gibi daha az polar bileşikleri aynı anda çözebildiğinden en etkili konsantrasyon olmuştur (Herrera-Pool ve ark., 2021).

Metanol oranı %40'a düşürüldüğünde ekstraksiyon verimi genel olarak %65'e kıyasla düşmekle birlikte, orta seviyelerde kalmıştır. Bu gruptaki değerler yaklaşık 25.0879 ile 38.9842

mgGAE/g arasında değişmektedir. Su oranının yüksek olması bazı fenolik bileşenlerin çekilmesini sağlasa da maksimum verime ulaşmak için yeterli olmamıştır.

Çizelge 3.1. Aronya meyvesi fenolik bileşenlerinin ultrases destekli ekstraksiyon koşullarına ait deneme deseni ve toplam fenolik madde miktarları

	METANOL KONSANTRASYONU (%)	ULTRASONİK GÜÇ (WATT)	GÖREV DÖNGÜSÜ (SN:SN)	SÜRE (DAKİKA)	TOPLAM FENOLİK MADDE MİKTARI (MGGAE/G)
1	40.00	50.00	10:8	12.50	27.0271
2	40.00	125.00	10:6	12.50	25.0879
3	40.00	125.00	10:8	5.00	38.2081
4	40.00	125.00	10:8	20.00	38.9842
5	40.00	125.00	10:10	12.50	30.3211
6	40.00	200.00	10:8	12.50	31.4387
7	65.00	50.00	10:6	12.50	32.6165
8	65.00	50.00	10:8	5.00	42.6776
9	65.00	50.00	10:8	20.00	29.5408
10	65.00	50.00	10:10	12.50	21.072
11	65.00	125.00	10:6	5.00	31.8725
12	65.00	125.00	10:6	20.00	31.9477
13	65.00	125.00	10:8	12.50	36.7857
14	65.00	125.00	10:10	20.00	41.8104
15	65.00	125.00	10:10	5.00	32.4653
16	65.00	200.00	10:6	12.50	29.8001
17	65.00	200.00	10:8	5.00	38.2081
18	65.00	200.00	10:8	20.00	44.6726
19	65.00	200.00	10:10	12.50	27.7239
20	90.00	50.00	10:8	12.50	32.4087
21	90.00	125.00	10:6	12.50	22.9447
22	90.00	125.00	10:8	5.00	19.5464
23	90.00	125.00	10:8	20.00	27.6645
24	90.00	125.00	10:10	12.50	25.8373
25	90.00	200.00	10:8	12.50	28.5597

Metanol konsantrasyonu %90 gibi çok yüksek bir seviyeye çıkarıldığında, toplam fenolik madde miktarında belirgin bir düşüş yaşanmıştır. Tablodaki en düşük toplam fenolik madde miktarı olan 19.5464 mgGAE/g değeri, 22 numaralı denemede (125 Watt, 10:8 görev döngüsü, 5 dakika) %90 metanol konsantrasyonunda elde edilmiştir. Bu gruptaki diğer değerler de genellikle 22.9447 ile 32.4087 mgGAE/g bandında kalarak tablonun en düşük performans gösteren grubunu oluşturmuştur. Yüksek metanol oranının (düşük su oranının), hedef fenolik bileşenlerin hücre dışına difüzyonunu zorlaştırdığı veya çözünürlüklerini azalttığı söylenebilir. Sonuç olarak metanol konsantrasyonu ile toplam fenolik madde ekstraksiyonu arasında doğrusal bir ilişki yoktur; konsantrasyonun sürekli artırılması verimi artırmamaktadır. Çizelgeye göre aronya meyvesi fenolik bileşenlerinin ekstraksiyonunda en etkili metanol konsantrasyonu %65'tir. Çok düşük (%40) veya çok yüksek (%90) metanol oranları ekstraksiyon verimini olumsuz etkilemektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, aronya meyvesinden ultrases destekli ekstraksiyon yöntemiyle toplam fenolik madde eldesinde proses parametrelerinin, özellikle de çözücü konsantrasyonunun etkisi kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen bulgular, metanol konsantrasyonu ile ekstraksiyon verimi arasında doğrusal bir ilişki bulunmadığını ancak maksimum fenolik madde geri kazanımı için optimum metanol konsantrasyonunun %65 olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Sonuç olarak, aronya meyvesinin içerdiği zengin polifenol profilinden gıda, kozmetik veya farmakoloji endüstrilerinde en yüksek seviyede faydalanabilmek için, ultrases destekli ekstraksiyon proseslerinde %65'lik metanol konsantrasyonunun temel bir optimizasyon parametresi olarak kullanılması uygun bulunmuştur. Elde edilen bu veriler, aronya fenoliklerinin ekstraksiyonunda yüksek verimli, ekonomik ve standartlaştırılmış yeşil ekstraksiyon protokollerinin geliştirilmesine önemli bir temel oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M. A., Bertelli, D., 2004. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of Rubus, Ribes, and Aronia. Journal of food science, 69(3), FCT164-FCT169.

Borowska, J., & Szajdek, A. (2003). Antioxidant activity of berry fruits and beverages. *Polish journal of natural sciences*, *14*.

Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A. G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A. S., & Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics sonochemistry*, *34*, 540-560.

Chemat, F., Vian, M. A., & Cravotto, G. (2012). Green extraction of natural products: Concept and principles. *International journal of molecular sciences*, *13*(7), 8615-8627.

Chen, J., Hu, Z., Chen, S., Yao, Y., Wang, X., Zou, W., & Shao, X. (2026). A Review of Aronia melanocarpa's Phytochemical Profile, Health Benefits, and Applications in Agri-Food Systems. *Foods*, *15*(10), 1627.

Franke, S. I. R., Chless, K., Silveria, J. D., Robensam, G., 2004. Study of a Antioxidant and Mutajenic Activity of Different Orange Juices, Food Chemistry. 88: 45–55.

Herrera-Pool, E., Ramos-Díaz, A. L., Lizardi-Jiménez, M. A., Pech-Cohuo, S., Ayora-Talavera, T., Cuevas-Bernardino, J. C., ... & Pacheco, N. (2021). Effect of solvent polarity on the Ultrasound Assisted extraction and antioxidant activity of phenolic compounds from habanero pepper leaves (Capsicum chinense) and its identification by UPLC-PDA-ESI-MS/MS. *Ultrasonics Sonochemistry*, *76*, 105658.

Irakli, M., Chatzopoulou, P., & Ekateriniadou, L. (2018). Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds: Oleuropein, phenolic acids, phenolic alcohols and flavonoids from olive leaves and evaluation of its antioxidant activities. *Industrial Crops and Products*, *124*, 382-388.

Jurendić, T., & Ščetar, M. (2021). Aronia melanocarpa products and by-products for health and nutrition: A review. *Antioxidants*, *10*(7), 1052.

Kaczmarczyk, S., Dziewiecka, H., Pasek, M., Ostapiuk–Karolczuk, J., Kasperska, A., & Skarpańska-Stejnborn, A. (2025). Effects of black chokeberry (Aronia melanocarpa) supplementation on oxidative stress, inflammation and gut microbiota: a systematic review of human and animal studies. *British Journal of Nutrition*, *133*(1), 58-81.

Kavela, E. T. A., Szalóki-Dorkó, L., & Máté, M. (2023). The efficiency of selected green solvents and parameters for polyphenol extraction from chokeberry (Aronia melanocarpa (Michx)) pomace. *Foods*, *12*(19), 3639.

Lidiková, J., Čeryová, N., Musilová, J., Vollmannová, A., Tóth, T., Grygorieva, O., Brindza, J., 2025. Antioxidant activity, polyphenol, and anthocyanin content of black chokeberry (Aronia Melonacarpa L.). Journal of microbiology, biotechnology and food sciences, 14(4), e11620-e11620.
Medina-Torres, N., Ayora-Talavera, T., Espinosa-Andrews, H., Sánchez-Contreras, A., & Pacheco, N. (2017). Ultrasound assisted extraction for the recovery of phenolic compounds from vegetable sources. *Agronomy*, *7*(3), 47.
Tokatlı, K. ve Küpcü I. H., 2024. Ekstra geleneksel aronya reçeli ve geleneksel marmelatının bazı fizikokimyasal ve fitokimyasal özellikleri. Akademik Gıda, 22(2), 125-132.

FARKLI EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİNİN ARI EKMEĞİ EKSTRAKTLARININ BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ VE KİMYASAL KOMPOZİSYONU ÜZERİNE ETKİSİ

Research Assistant, PhD Şeyda YANARDAĞ KARABULUT
Kırklareli University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 39100 Kırklareli
ORCID ID: 0000-0002-9649-5874
Assoc. Prof. Dr. Gülce Bedis KAYNARCA
Kırklareli University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 39100 Kırklareli
ORCID ID: 0000-0001-7896-457X
Assist. Prof. Dr. Başak Ebru ÖZCAN
Kırklareli University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 39100 Kırklareli
ORCID ID: 0000-0001-6059-7388

ÖZET

İçerdiği biyoaktif bileşenler sayesinde antioksidan, antimikrobiyel, antikanser gibi birçok önemli sağlık etkisi bulunan arı ekmeği duyusal beğenisi sınırlı olan fermente bir arıcılık ürünüdür. İçeriği son derece kıymetli olan arı ekmeğinin biyoaktif bileşenlerinin en verimli şekilde ekstrakte edilerek değerlendirilmesi gıda endüstrisi için önem teşkil etmektedir. Bu çalışmada arı ekmeğinin biyoaktif bileşenleri geleneksel ekstraksiyon (G), ultrasonik prob ile ekstraksiyon (U), mikrodalga ile ekstraksiyon (M), ultrason destekli geleneksel ekstraksiyon (UG) ve mikrodalga destekli geleneksel ekstraksiyon (MG) olmak üzere beş farklı şekilde ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon süreleri adı geçen ekstraksiyon teknikleri için sırasıyla 60 dk (G), 10 dk (U, 10 sn açık/10 sn kapalı), 5 dk (M), 10 dk (U) + 55 dk (G) ve 5 dk (M) + 55 dk (G) olarak çalışılmıştır. Ekstraksiyonlarda 70:30 oranında (v/v) etanol:su çözgeni, 1:20 katı:çözgen oranı (w/v) ve 40 °C ekstraksiyon sıcaklığı parametreleri sabit tutulmuştur. Ekstraktlar toplam flavonoid, toplam fenolik madde (TPC), antioksidan aktivite (ABTS ve FRAP), fenolik kompozisyon ve organik asit kompozisyonu bakımından kıyaslanmıştır. TPC miktarı (24,55 mg GAE/g arı ekmeği) ve ABTS cinsinden antioksidan aktivitesi (21,93 mg TE/g arı ekmeği) en yüksek olan ekstrakt UG, flavonoid içeriği (3,05 mg CE/g arı ekmeği) ve FRAP cinsinden antioksidan aktivitesi (610,2 µmol TE/g arı ekmeği) en yüksek olan ekstrakt ise MG olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: arı ekmeği, biyoaktif bileşen, antioksidan aktivite, geleneksel ekstraksiyon, yeni nesil ekstraksiyon teknikleri

EFFECT OF DIFFERENT EXTRACTION METHODS ON THE BIOACTIVE PROPERTIES AND CHEMICAL COMPOSITION OF BEE BREAD EXTRACTS

ABSTRACT

Bee bread, a fermented bee product with limited sensory appeal, possesses significant health-promoting properties—such as antioxidant, antimicrobial, and anticancer effects—due to the

bioactive compounds it contains. Given its highly valuable composition, the efficient extraction and utilization of these bioactive components are of great importance to the food industry. In this study, bioactive components from bee bread were extracted using five different methods: conventional extraction (C), ultrasonic probe-assisted extraction (U), microwave-assisted extraction (M), ultrasound-assisted conventional extraction (UC), and microwave-assisted conventional extraction (MC). The extraction durations were set as follows: 60 min (C); 10 min (U; 10 s on/10 s off); 5 min (M); 10 min (U) + 55 min (C); and 5 min (M) + 55 min (C). Throughout the extraction processes, the following parameters were kept constant: an ethanol:water solvent ratio of 70:30 (v/v), a solid-to-solvent ratio of 1:20 (w/v), and an extraction temperature of 40 °C. The resulting extracts were compared in terms of total flavonoid content, total phenolic content (TPC), antioxidant activity (measured via ABTS and FRAP assays), phenolic composition, and organic acid composition. The UG extract exhibited the highest TPC (24.55 mg GAE/g bee bread) and antioxidant activity in the ABTS assay (21.93 mg TE/g bee bread), whereas the MG extract showed the highest flavonoid content (3.05 mg CE/g bee bread) and antioxidant activity in the FRAP assay (610.2 µmol TE/g bee bread).

Keywords: bee bread, bioactive component, antioxidant activity, conventional extraction, next-generation extraction techniques.

ENKAPSÜLE ARI EKMEĞİ EKSTRAKTININ SÜT KREMASINDA DOĞAL KORUYUCU OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ

Research Assistant, PhD Şeyda YANARDAĞ KARABULUT
Kırklareli University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 39100 Kırklareli
ORCID ID: 0000-0002-9649-5874
Prof. Dr. Hacı Ali GÜLEÇ
Trakya University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 22100 Edirne
ORCID ID: 0000-0002-9525-6206
Prof. Dr. Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU
Kırklareli University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 39100 Kırklareli
ORCID ID: 0000-0001-6004-0694

ÖZET

Arı ekmeği, zengin biyoaktif bileşen içeriği nedeniyle gıda endüstrisinde sentetik koruyuculara alternatif olabilecek bir arıcılık ürünüdür. Bu çalışmada, ultrason destekli enzimatik yöntemle elde edilen arı ekmeği ekstraktı, ultrafiltrasyonla zenginleştirilmiş, enkapsüle edilmiş ve kurutulmuştur. Çalışmanın amacı, arı ekmeğinin biyoaktif bileşenlerini azami düzeyde koruyan bir gıda katkı maddesi elde etmektir. Enkapsüle arı ekmeğinin (EAE) doğal katkı maddesi olarak kullanılabilirliği süt kremasında test edilmiştir. Çalışmada %0,01 EDTA katkılı, %1 EAE katkılı, %0,01 EAE katkılı ve kontrol olmak üzere dört grup oluşturulmuş; +4 °C'de depolama boyunca belirli aralıklarla fizikokimyasal, oksidasyon, mikrobiyolojik ve duyusal analizler yapılmıştır. %1 EAE katkılı grup dışındaki grupların pH ve toplam asit değerlerinin benzer olduğu, tüm grupların raf ömrü boyunca ekşidiği ve bu ekşimenin EAE katkılı gruplarda daha fazla olduğu görülmüştür. %1 EAE katkılı grubun renk değerlerinin diğer gruplardan farklı olduğu; ΔE, C^* ve h° değerlerinde raf ömrü boyunca daha fazla değişim gösterdiği belirlenmiştir. Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısı, arı ekmeğinin doğal mikrobiyal florasından dolayı %1 EAE katkılı grupta raf ömrü boyunca daha yüksek bulunmuştur. TMAB sayısına göre kontrol grubu 11. günde, EDTA katkılı grup ise 64. günde bozulmuştur. %0,01 EAE katkılı grupta ise başlangıçta var olan TMAB'lerin 43. günden sonra 10 KOB/g'ın altına düştüğü belirlenmiştir. *Enterobacteriaceae* sayısına göre %1 EAE katkılı grup 4. günde, kontrol grubu 11. günde, EDTA katkılı grup ise 90. günde bozulmuştur. EDTA katkılı ve kontrol gruplarında maya ve küf sayısı raf ömrü boyunca artarken, %1 EAE katkılı grupta ilk 22 gün, %0,01 EAE katkılı grupta ise ilk 36 gün maya ve küf görülmemiştir. Oksidasyon analizi sonuçları, EAE katkısının süt kremasında EDTA'ya alternatif olabilecek bir antioksidan etki oluşturmadığını göstermiştir. Raf ömrü boyunca duyusal beğenisi en yüksek olan gruplar EDTA katkılı ve %0,01 AE katkılı gruplar olmuştur. Sonuç olarak, düşük konsantrasyonda EAE ilavesinin süt kremasında TMAB, maya ve *Enterobacteriaceae* üzerinde

inhibe edici etki gösterebileceği, ancak antioksidan etkili doğal bir ajan olarak kullanılamayacağı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: arı ekmeği, biyoaktif bileşen, ultrason destekli enzimatik ekstarksiyon, ultrafiltrasyon, süt kreması, raf ömrü, doğal katkı maddesi

APPLICABILITY OF ENCAPSULATED BEE BREAD EXTRACT AS A NATURAL PRESERVATIVE IN DAIRY CREAM

ABSTRACT

Bee bread is an apicultural product with potential as an alternative to synthetic preservatives in the food industry, owing to its rich content of bioactive compounds. In this study, a bee bread extract obtained by ultrasound-assisted enzymatic extraction was concentrated by ultrafiltration, encapsulated, and dried. The aim was to obtain a food additive that preserves the bioactive components of bee bread to the greatest possible extent. The applicability of encapsulated bee bread (EBB) as a natural additive was tested in dairy cream. Four groups were prepared: a control group and groups supplemented with 0.01% EDTA, 1% EBB, and 0.01% EBB. Physicochemical, oxidation, microbiological, and sensory analyses were performed at specific intervals during storage at +4 °C. The pH and total acidity values of the groups were similar, except for the 1% EBB group, and all groups soured during shelf life, with greater souring in the EBB-supplemented groups. The color values of the 1% EBB group differed from those of the other groups, and its ΔE, C^*, and h° values changed more over the shelf life. The total mesophilic aerobic bacteria (TMAB) count was higher in the 1% EBB group throughout the shelf life, owing to the natural microbial flora of bee bread. Based on TMAB counts, the control group spoiled on day 11 and the EDTA group on day 64. In the 0.01% EBB group, the initial TMAB count fell below 10 CFU/g after day 43. Based on *Enterobacteriaceae* counts, the 1% EBB group spoiled on day 4, the control group on day 11, and the EDTA group on day 90. While yeast and mold counts increased throughout the shelf life in the EDTA and control groups, no yeasts or molds were detected during the first 22 days in the 1% EBB group and the first 36 days in the 0.01% EBB group. The oxidation results showed that EBB did not exert an antioxidant effect that would make it an alternative to EDTA in dairy cream. The groups with the highest sensory acceptability throughout the shelf life were the EDTA and 0.01% EBB groups. In conclusion, adding EBB at a low concentration may exert an inhibitory effect on TMAB, yeasts, and *Enterobacteriaceae* in dairy cream, but it cannot be used as a natural antioxidant agent.

Keywords: bee bread, bioactive component, ultrasound-assisted enzymatic extraction, ultrafiltration, dairy cream, shelf life, natural additive

TOKAT YÖRESİ YAZMALARININ RENK KURAMLARI BAĞLAMINDA İNCELENMESİ VE ANLAMSAL BOYUTLARI[31]

Merve ÖZTÜRK YILDIRIM
Haliç University, Faculty of Fine Arts, Department of Graphic Design, İstanbul
ORCID ID: 0009-0007-4063-5077
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ÖZTÜRK
Haliç University, Faculty of Fine Arts, Department of Graphic Design, İstanbul[4]
ORCID ID: 0000-0002-9457- 3322

ÖZET

Geleneksel el sanatları, toplumların kültürel birikimlerini ve estetik anlayışlarını yansıtan önemli bir aktarım aracıdır. Yazmacılık bu sanat dalları arasında önemli bir yere sahip olup, motif ve renk kullanımıyla ise kendine özgü bir görsel anlatım oluşturmaktadır. Renkler yalnızca süsleyici bir unsur olarak değil, motiflerin algılanması ve kompozisyonun görsel bütünlüğünü etkileyen temel öğelerden biri olarak değerlendirilebilir. Tokat yazmaları, geleneksel üretim anlayışı ve kültürel özelliklerin yansımasıyla, kendine özgü renk tercihleriyle Anadolu yazmacılık geleneği içerisinde önemli temsilcilerindendir.

Bu araştırmada Tokat yazmalarında kullanılan renklerin incelenmesi ve renk kuramları çerçevesinde değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda renklerin birbiriyle ilişkileri ve estetik etkileri ele alınmakta, Tokat yazmalarının renk özelliklerinin yalnızca görsel açıdan değil, yöresel kültür ve geleneksel üretim anlayışı bakımından da değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tokat yazması, renk kuramı, yazmacılık

[1]Bu bildiri 2026-2027 Eğitim-Öğretim yılı Haliç Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Grafik Tasarım Anasanat Dalı Programı'nda Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Öztürk danışmanlığında yürütülmekte olan "Tokat Yöresi Yazma Motiflerinin Modern Baskı Resim Yöntemleriyle Yorumu: Linol Baskı" adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Bildiri metninde araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

AN EXAMINATION OF TOKAT REGIONAL PRINTED TEXTILES WITHIN THE FRAMEWORK OF COLOR THEORIES AND THEIR SEMANTIC DIMENSIONS[5]

ABSTRACT

Traditional handicrafts are important means of transmitting the cultural heritage and aesthetic values of societies across generations. Among these crafts, traditional block printing (yazmacılık) holds a significant place and creates a distinctive visual expression through the use of motifs and colors. Colors can be regarded not merely as decorative elements but also as fundamental components that influence the perception of motifs and the visual integrity of the composition. Tokat printed textiles (Tokat yazmaları) occupy an important position within the Anatolian block-printing tradition through their distinctive color preferences, which reflect traditional production practices and regional cultural characteristics.

This study aims to examine the colors used in Tokat printed textiles and evaluate them within the framework of color theories. Accordingly, the relationships between colors and their aesthetic effects are discussed. Thus, the study seeks to evaluate the color characteristics of Tokat printed textiles not only from a visual perspective but also in terms of regional culture and traditional production practices.

Keywords: Tokat printed textiles, color theory, traditional block printing

1. GİRİŞ

Yazma sanatı, kumaş yüzeylerine elde çizim teknikleriyle ya da oyulmuş ahşap kalıplar kullanılarak desenin kumaşa aktarıldığı geleneksel bir süsleme sanatıdır. Bu yöntemle oluşturulan desenli kumaşlar "yazma" olarak adlandırılmıştır. Tarihsel süreçte gelişerek geleneksel halk sanatları arasında önemli bir yer edinen yazmacılık, 17. yüzyılda en önemli örneklerini İstanbul yazmalarıyla vermiştir. 18. yüzyılda ise yazma sanatının saray eşyalarında da kullanıldığı görülmektedir (Kaya, 1974: 9).

Anadolu'da yazmacılık sanatı, kumaş üzerini süsleyen bir uygulama olmasından ziyade, aynı zamanda yöresel kimliği, adetleri ve kültür özelliklerini yansıtan bir sanat aracı olarak da

[2] This paper is derived from the master's thesis entitled "The Interpretation of Tokat Regional Traditional Printed Textile Motifs through Modern Printmaking Techniques: Linocut Printing," which is being conducted under the supervision of Assist. Prof. Dr. Ayşe Öztürk in the Graphic Design Department of the Graduate School at Haliç University during the 2026–2027 academic year. Research and publication ethics have been observed throughout the preparation of this paper.

kullanılmıştır. Her yörenin sahip olduğu doğal özellikler, gelenekler, inanç yapısı, kültürel ve estetik anlayışlar doğrultusunda yazmalarda renk ve motif düzenleri oluşturulmuştur. Bu bağlamda Tokat yöresi ve yazmaları, yazmacılık geleneğinin sürekliliğini geçmişten günümüzde koruyan önemli bir yere sahip olmuştur.

Şekil 1. Yazmacılar hanında karakteristik görünüm



Not. Kaya, R.'ın Türk Yazmacılık Sanatı adlı kitabından alınmıştır. 1974, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları

Yazmacılık, kişilerin süslenme ve estetik gereksinimlerinden doğmuş, dokuma kültürüyle birlikte gelişerek köklü el sanatlarından biri hâline gelmiştir.

Şekil 2. İzmir Fuarı'nda ve değişik illerde sergilerde tanıtılan yazma desenli giysiler



Not. K. Türker'in Ağaç Baskı Tokat Yazmaları adlı kitabından alınmıştır. 1996, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları

Tokat'ta yazmacılık sanatının 600 yıldan fazla bir geçmişe sahip olduğu bilinmektedir. Osmanlı döneminde yazmacılık sanatından elde edilen gelirin Valide Sultanlara veriliyor olması, bu sanatın ekonomik ve kültürel önemini göstermektedir. Kadınların gündelik hayatı ve çeyiz geleneğinde önemli bir yeri olan yazmaların üretimi zamanla azalmış olsa da Tokat'ta günümüzde sınırlı sayıda atölyede, ustalar tarafından geleneksel yöntemler korunarak sürdürülmektedir (Akbil, 1977: 109).

Yazmalarda kullanılan motifler kadar renkleri de estetik bütünlüğü etkileyen unsurlardan biridir. Yazmalarda kullanılan renkler yöre, kültür ve inançla ilişkili olarak farklılıklar göstermektedir. Tokat yazmalarında kullanılan renklerin incelenmesi bağlamında yapılan bu

çalışmayla, yazmacılık geleneğinin kültürel anlamda anlaşılmasına katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

Tokat yazmaları, desenlerin kalıplar kullanılarak kumaşa aktarılmasıyla hazırlanmaktadır. Yazma türleri ise elvan yazmalar ve karakalem yazmalar olarak adlandırılmıştır. Sanatçılar, zanaatlarının göstergesi olarak Tokat'ın doğal zenginliklerini yazma motiflerini oluşturan kalıplara ince bir işçilikle aktarmışlardır (Kaya, 1974: 75).

Şekil 3. Kalıp oyma tezgâhı



Not. K. Türker'in Ağaç Baskı Tokat Yazmaları adlı kitabından alınmıştır. 1996, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları

Anadolu'nun çeşitli yörelerinde yazmacılık, kuşak aktarımı yapan geleneksel estetik anlayışının bir yansıması olarak dengeli ve güçlü bir renk ve motif kullanımına sahiptir. Akademik eğitim almamış olan halk sanatçılarının renk uyumunu başarılı bir şekilde kullanıyor olması, bu görsel birikimin kültürel süreklilikle edinildiğini göstermektedir. Renk tercihleri halk sanatlarında yöresel farklılıkları ortaya koymaktadır. Tokat yazmalarında bordo, koyu

kırmızı, patlıcan moru, siyah-kırmızı ve siyah-beyaz renklerinin yoğun olarak kullanıldığı gözlemlenmektedir (Kaya, 1974: 52,53).

Şekil 4. Yazma çalışmalarından bir örnek



Not. Kaya, R'ın Türk Yazmacılık Sanatı adlı kitabından alınmıştır. 1974, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları

Tokat yazmalarında renklerin oluşumunda kullanılan boya türleri de yazmacılık geleneğinin değişim ve dönüşüm sürecini göstermesi bakımından önemlidir. Geçmiş yıllarda kullanılan boyalar daha çok doğal malzemelerden elde edilirken, zamanla kimyasal boyalara geçiş yapıldığı görülmektedir. Bu değişim, yazmalarda kullanılan renklerin hem teknik üretim süreçleri hem de dönemsel imkanlarla ilişkili olduğunu göstermektedir (Türker, 1996: 46).

Tokat yazmalarında kullanılan renklerin incelenmesi ve değerlendirilmesi için rengin kuramsal olarak nasıl açıklandığını ele almak gerekmektedir. Renk kuramının incelenmesi, Tokat yazmalarında kullanılan renklerin estetik, kültür, inanç ve dönemsel sanat anlayışlarının daha geniş bir pencereden yorumlanmasına olanak sağlamaktadır.

2. RENK KURAMI VE TARİHSEL YOLCULUK

Renkler, insanlık tarihi boyunca yalnızca estetik bir unsur değil, aynı zamanda anlam yüklü ve gizemli bir olgu olarak değerlendirilmiştir. Farklı uygarlıklar renklere çeşitli sembolik anlamlar vermiş, bu anlamlar günümüze kadar etkisini sürdürmüştür. Bununla beraber, her toplumun renkleri adlandırma biçimi aynı çeşitliliği göstermemiştir. MÖ 4. yüzyılda Aristoteles, renkleri temel unsurlar üzerinden açıklamaya çalışmış ve mavi ile sarıyı ana renkler olarak değerlendirmiştir. Aristoteles'e göre renkler, yaşamın temel karşıtlıklarıyla ilişkilidir. Güneş-ay, erkek-dişi, uyarıcı-yatıştırıcı, genişleme-daralma ve dış-iç ikilikler bu çerçevede ele

alınmıştır. Ayrıca renkleri doğanın dört ana unsuru olan ateş, su, toprak ve hava ile de bağlantılı biçimde yorumlamıştır. Aristoteles'in gözlemlerine göre gün içerisinde ışığın değişimi, renk algısını da etkilemektedir. Bu bağlamda, gün ortasındaki beyaz ışıktan geceye doğru siyaha yaklaşan bir geçişin bulunduğunu ileri sürerek doğrusal bir renk sistemi tasarlamıştır (Kavasoğlu, 2021, s. 1,2).

Aristoteles'in bu görüşü, yüzyıllar boyunca renk kuramlarının temel referanslarından biri olmuş ve teorik çalışmaları önemli ölçüde etkilemiştir. Nitekim Pythagoras, Platon ve Yaşlı Plinius gibi düşünürler renk olgusunu tartışmış ve renkleri doğanın temel unsurları olan ateş, hava, su ve toprakla ilişkilendirmiştir. Özellikle Platon ve Aristoteles'in yaklaşımları, renk teorileri üzerinde kalıcı etkiler bırakmıştır. Renk teorisine ilişkin ilk çalışmalar, Antik Yunan düşüncesinin yanı sıra Arap bilim insanlarının katkılarıyla gelişmiş; çevrenin algılanışı ve görme biçimleri üzerinden renklerin doğası anlaşılmaya çalışılmıştır. Ayrıca renk kavramına Hinduizm'in kutsal metinlerinde de yer verilmiştir. Bununla birlikte Aristoteles'in ortaya koyduğu görüşler, özellikle Rönesans döneminde yeniden ele alınarak renk araştırmalarının merkezinde yer almıştır (Zelanski & Fisher, 1994, aktaran: Per, 2012: 18).

Aristotales'in renk kuramı açısından yazma tasarımı değerlendirildiğinde, karşıtlık ikilikleri üzerinden belirgin bir görsel etki oluşturulduğu söylenebilir. Mavi zemin, kırmızı çiçekler, yeşil yapraklar, sarı tonlarındaki bitkisel motifler arasında güçlü bir renk karşıtlığı bulunmaktadır. Özellikle mavi zemin ile kırmızı çiçeklerin birlikteliği soğuk-sıcak renklerin birbirini öne çıkaran etkisini güçlü bir biçimde ortaya koymaktadır. Aristotales'in renkleri aydınlık ve karanlık arasındaki geçişler üzerinden ele alan yaklaşımı doğrultusunda, açık ve koyu renklerin bir arada kullanılması motiflerin zeminden ayrılmasını sağlayarak görsel derinliği arttırmaktadır.

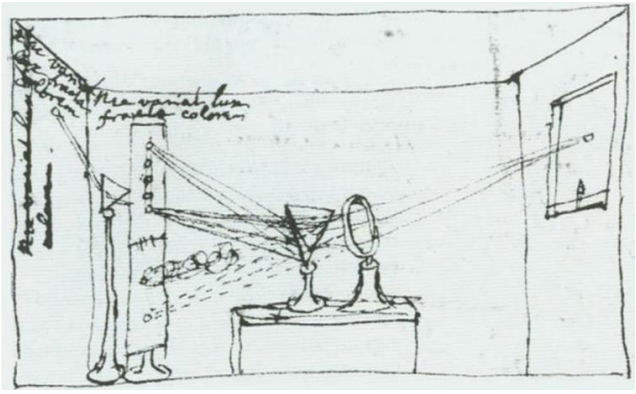
Şekil 5. Aristotales'e göre yazma renklerini yorumlama



Not. Kaya, R'ın Türk Yazmacılık Sanatı adlı kitabından alınmıştır. 1974, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları

1666 yılında Isaac Newton, karanlık bir ortamda küçük bir açıklıktan giren ışığı üçgen bir prizma aracılığıyla inceleyerek beyaz ışığın farklı renklere ayrılabildiğini göstermiştir. Bu deney sonucunda ışığın tayfını oluşturan renkler ortaya konmuştur. Bununla birlikte tamamlayıcı renk ilişkilerini açıklayan renk çemberi geliştirilmiştir (Finlay, 2007: 22).

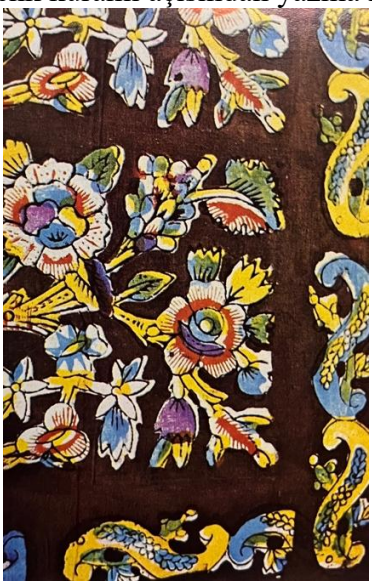
Şekil 6. Newton'un hayati önem taşıyan deneyine dair çizimi



Not. Fara P.'nın Newton shows the light: a commentary on Newton (1672) 'A letter containing his new theory about light and colours' yazısından alınmıştır, 2015.

Newton'un renk kuramı açısından değerlendirildiğinde, yazma tasarımında sarı, mavi, kırmızı, mor, ve yeşil gibi renklerin bir arada kullanılması tamamlayıcı renk ilişkilerini ortaya çıkarmaktadır. Özellikle sarı-mor, mavi-turuncu ve kırmızı-yeşil karşıtlıkları, çiçek motiflerinin koyu kahverengi zemin üzerinden belirginleşmesini sağlamaktadır. Bu renk birlikteliği, tasarıma canlılık ve güçlü bir görsel etki kazandırmaktadır.

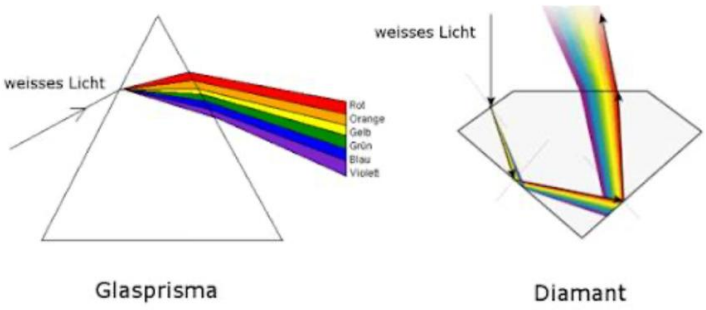
Şekil 7. Newton'un renk kuramı açısından yazma renklerini yorumlama



Not. Kaya, R'ın Türk Yazmacılık Sanatı adlı kitabından alınmıştır. 1974, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları

Goethe ise ışığın bükülmesiyle oluşan renkleri paroptik renkler olarak tanımlamış ve bunların, ışığın saydam olmayan renksiz bir cisimden yansımasıyla meydana gelen ikinci grup diyoptrik renklerle benzerliğine dikkat çekmiştir. Paroptik renkler, ışığın kenarlarda yayılmasıyla oluşan gölgelerin belirsiz sınırlarında ortaya çıkmaktadır (Tarhan, 2020, s.239).

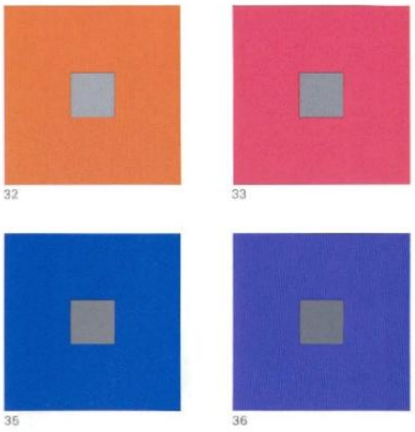
Şekil 8. Goethe'nin farklı yüzeyler üzerindeki deneyi



Not. D. E. Tarhan'ın Goethe'de renk fenomeni adlı makalesinden alınmıştır. 2020.

Renklerin birbiriyle ilişkileri bağlamında eş zamanlı kontrast, gözün algıladığı her rengin yanında onu tamamlayıcı rengini görme eğiliminde olmasıyla açıklanmaktadır. Tamamlayıcı renk ortamda bulunmadığında bile göz, bu rengi görsel olarak kendiliğinden oluşturmaktadır. Bu durum renk uyumunun temelinde tamamlayıcı renk ilkesinin de yer aldığını göstermektedir. Itten, bu etkiyi aynı akromatik griyi farklı renklerle çevreleyerek ortaya koymuş ve çevredeki renklerin grinin algılanan tonunu nasıl değiştirdiğini göstermiştir (Itten, 1973, aktaran Tazeoğlu Filiz & Çınar, 2024).

Şekil 9. Itten'in eşzamanlı renk kontrastı illüstrasyonu



Not. F Tazeoğlu Filiz & S. Çınar'ın Seramik sanatında renk ilişkilerinin Johannes Itten'in renk teorisi ekseninde değerlendirilmesi adlı makalesinden alınmıştır. 2024.

Itten 'in eş zamanlı kontrast kuramı açısından yazma tasarımı değerlendirildiğinde, mavi zemin ile sarı, krem ve bordo motifler arasında belirgin bir renk etkileşimi görülmektedir. Itten'in renklerin çevrelerindeki renklerle ilişkili olarak farklı algılanabileceği yönündeki yaklaşımı, bu tasarımda özellikle mavi ve sarının karşıtlığıyla öne çıkmaktadır. Sarı tonların mavi zemin üzerinden daha belirgin algılanması, motiflerin görsel etkisini arttırırken bordo ve krem renkler de kompozisyonun renk dengesini desteklemektedir.

Şekil 10. Itten'nin renk kuramı açısından yazma renklerini yorumlama

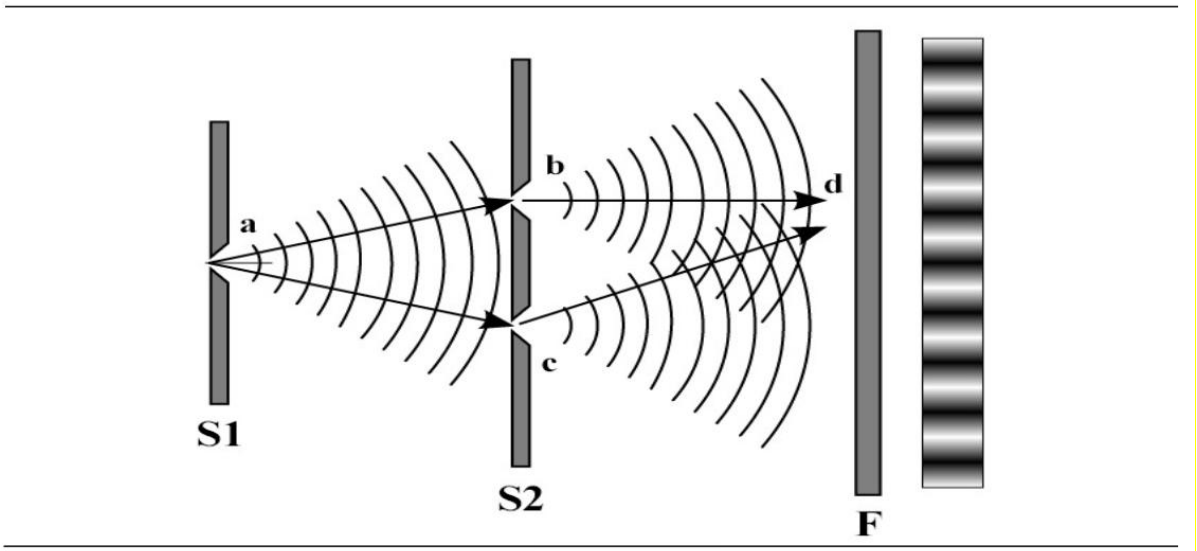


Not. K. Türker'in Ağaç Baskı Tokat Yazmaları adlı kitabından alınmıştır. 1996, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları

Renklerin birbiriyle olan ilişkileri, yalnızca görsel açıdan değil algı açısından da birbirini etkileyen bir yapıya sahiptir. Bir rengin bulunduğu ortam, yanındaki diğer renklerle kurduğu etkileşim sonucunda farklı bir görünüm ve anlam kazanabilmektedir. Bu nedenle renkleri, bir arada oluşturdukları etkiyi dikkate alarak değerlendirmek önem taşımaktadır. Renkler arasındaki bu etkileşim sebebiyle renk algısının bulunduğu çevreye göre değişebilen bir özellik taşıdığı gözlemlenmektedir.

Renk ve renk kuramları tarih boyunca Newton, Goethe, Young, Helmholtz, Munsell, Maxwell, Rushton, Itten ve Albers gibi bilim insanları, fizikçiler ve sanatçılar tarafından farklı yönleriyle ele alınmıştır (Tokdil, 2016, s. 549). Young'ın görme fizyolojisi üzerine yaptığı araştırmalar ve renk algısını sağlayan koni hücrelerinin işlevini açıklaması, Helmholtz'un Newton'un da ortaya koyduğu renk konusundaki fiziksel deneylerden elde edilen bilgilerle üç renkli kuramını geliştirmesine katkı sağlamıştır. Thomas Young ve Isaac Newton'un deneylerindeki bulgular, beyaz ışığın güneşin tüm renklerini içerdiğini göstermektedir (Polat, 2012, özet).

Şekil 11. Thomas Young çift yarık deneyi



Not. H. H. Polat'ın Renk Teorisi ve Temel Yanılgılar adlı makalesinden alınmıştır. 2021

Renk kuramı üzerine çalışmalar yürüten bilim insanları ışık ve renk algısı üzerine geliştirdikleri yaklaşımlar renklerin fiziksel özelliklerinin ve görsel algı üzerindeki etkilerinin anlaşılmasına katkı sağlamıştır. Bu açıdan Tokat yazmalarında kullanılan renklerin çeşitliliği de ışığın ve renk algısının sunduğu özelliklerle bağlantılı olarak değerlendirilebilir. Yazmalarda bir araya gelen farklı renk tonları, kumaş yüzeyinde görsel bir bütünlük oluştururken aynı zamanda desenlerin algılanma biçimini ve bütünselliğini desteklemektedir.

Antik uygarlıklara gelindiğinde renk kullanımının daha bilinçli ve sistemli hâle geldiği gözlemlenmiştir. Bu süreçte sanatçılar, ışık ve renk arasındaki bağlantıyı deneyler ve gözlemler

yoluyla ilişkilendirmeye çalışmışlardır. Renk, bu dönemde doğayı daha gerçekçi yansıtmak amacıyla kullanılan temel araçlardan biridir. Renk kullanımı Barok döneminde ise daha dramatik ve etkileyici bir boyut kazanmıştır.

Modern sanat dönemine gelindiğinde renk kullanımında köklü bir değişim yaşanmıştır. Renk, doğanın temsilcisi olmak yerine sanatçının bireysel ifadesinin temel unsurudur. Kübist sanatçılar renkleri daha çok biçimsel düzenlemeler içerisinde değerlendirmişlerdir. Sürrealist sanatçılar ise renk aracılığıyla bilinçdışı ve hayal gücüne dayalı anlatımlar geliştirmiştir. Bu dönemde renk, bağımsız bir anlatım dili kazanarak, sanatın merkezini oluşturan unsurlardan biri olarak önem kazanmıştır (Itten, 1970: 7-11).

Tarihsel süreçte rengin estetik ve sembolik anlatıları, geleneksel halk sanatlarında kullanılan renklerin değerlendirilmesi açısından da önem taşımaktadır. Tokat yazmalarında kullanılan renkler, modern sanatta olduğu gibi bireysel bir ifade aracı olmaktan çok, yöresel gelenek, inanç, kültürel süreklilik ve farklılıklarla ilişkilendirilmektedir.

3. TOKAT YAZMALARINDA RENKLER

Tokat yazmalarında kullanılan renkler, yazmanın türüne, zemin rengine, kullanım geleneği ve motif yapısına göre çeşitlilik göstermiştir. Renkler yalnızca süslemeye eşlik eden bir öge olarak değil, yazmanın yöresel kimliğini belirleyen temel unsurlardan biri olarak kullanılmaktadır. Tokat yazmalarında kullanılan renkler yazma çeşitlerine göre kullanım biçimleriyle farklılıklar göstermektedir.

Şekil 12. Elmalı motifli yazma baş örtüsü-Tokat



Not. F. Akbil'in Türk Yazmacılık Sanatı adlı yazısından alınmıştır. 1977, Kültür ve Sanat

Tokat yazmalarında ağırlıklı olarak koyu renklerin kullanıldığı görülmektedir. Özellikle kırmızı, bordo, kahverengi ve patlıcan moru yazmalarda sıkça tercih edilmiştir. Siyah ve kırmızı renklerin bir arada kullanıldığı yazmalar, Tokat'ta Alevi inancına sahip kişiler tarafından yaygın olarak kullanılmıştır. Siyah ve kırmızının oluşturduğu renk uyumu ile günümüz modasında geleneksel desenlere duyulan ilgi hem yerli hem de yabancı ziyaretçileri etkilemekte, yazma satışlarının artmasında büyük önem taşımaktadır. Tokat yazmaları genel olarak canlı ve çeşitli renklerin, geleneksel anlayışa bağlı kalınarak oluşturulduğu uyumlu bir renk düzenine sahiptir (Kaya, 1974: 53).

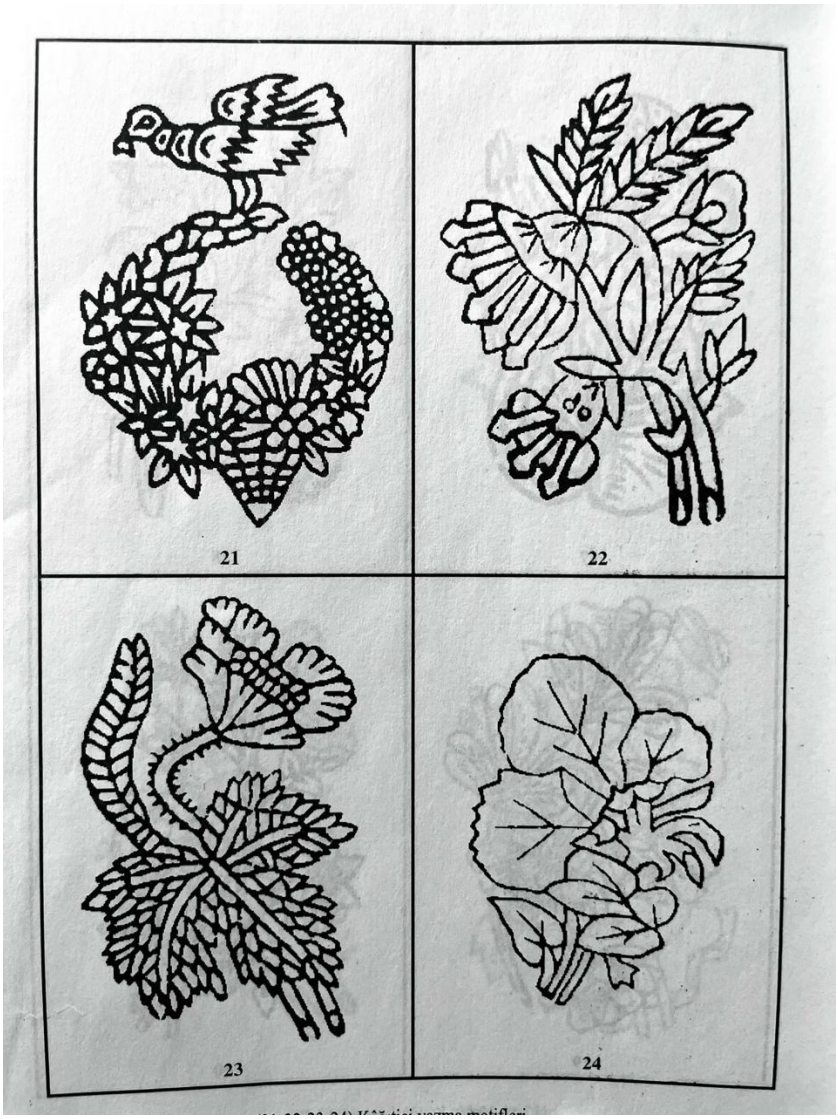
Şekil 13. Tokat bölgesi yazmalarından bir detay



Not. Kaya, R.'ın Türk Yazmacılık Sanatı adlı kitabından alınmıştır. 1974, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları

Geleneksel yazmacılıkta doğadan esinlenerek hazırlanmış motiflerin olduğu görülmektedir. Hayvan, bitki, çiçek ve yaprak stilize hale getirilerek birçok kompozisyon meydana getirilmiştir. Motiflerde kullanılan biçim ve kullanım özellikleri ise döneme, bölgeye ve kullanım alanlarına göre değişiklikler göstermiştir. Tokat'ta da yazmacılık sanatında döneme ve yöreye bağlı olarak oldukça zengin bir motif çeşitliliğinin olduğu görülmektedir. Bölgede yaklaşık elli çeşit yazmanın bulunduğu belirtilmektedir (Caferoğlu, 2021, s. 2048-2049). Bu çeşitlilikle birlikte Tokat'ta kullanılan yazmaların kültür ve yöresel özelliklerinin motiflerin desen, isim ve kompozisyon özelliklerinde belirleyici bir rol oynadığı düşünülmektedir.

Şekil 14. Kağıtiçi yazma motifleri



Not. K. Türker'in Ağaç Baskı Tokat Yazmaları adlı kitabından alınmıştır. 1996, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları

4. SONUÇ

Çalışma kapsamında incelenen renk tercihleri, Tokat yazmalarının yalnızca estetik özellikleriyle değil, yöresel gelenek ve üretim koşullarıyla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir. Renk kuramı ile Tokat yazmaları arasındaki bağlantı, renklerin tek tek anlamlarından çok, motif ve zemin üzerinde oluşturdukları görsel ilişkiler üzerinden kurulabilir. Bu doğrultuda renklerin birlikte kullanımı, kompozisyon içindeki dağılımları ve motiflerle ilişkileri, yazmaların görsel bütünlüğünü anlamlandırmada bir değerlendirme unsuru olarak kullanılabilir. Bununla birlikte, renk kullanımını yalnızca görsel uyum açısından ele almanın, yazmaların yöresel bağlamını açıklamakta yeterli olmadığı düşünülmektedir. Bu nedenle estetik düzen ile kültürel anlamın birbirinden bağımsız değil, birbirini tamamlayan yönler olarak değerlendirilmesi daha bütüncül bir yaklaşım sağlayabilir. Bu yaklaşım, renk tercihlerini kişisel beğeniye indirgemeden, geleneksel birikim ve üretim olanaklarıyla birlikte yorumlanmasını sağlamaktadır. Bu açıdan renk, Tokat yazmalarında motifleri tamamlayan bir süsleme öğesinin ötesinde, görsel bütünlük ile kültürel kimlik arasında bağ kuran bir unsur olarak değerlendirilebilir. Tokat yazmalarının renk özelliklerinin bu bağlamda ele alınması, yazmacılık geleneğini yalnızca ürün üzerinden değil, onu biçimlendiren estetik ve kültürel ilişkiler üzerinden de anlamaya katkı sunabilir.

KAYNAKÇA

Akbil, F. (1977). Türk Yazmacılık Sanatı. Kültür ve Sanat, 5, 109-114

Caferoğlu, M. (2021). Grafik tasarım ile yazmacılık sanatının yaşatılmasına dair bir tasarım projesi. Journal of Social and Humanities Sciences Research, 8(73), 2044-2058. http://dx.doi.org/10.26450/jshsr.2682

Fara P. Newton shows the light: a commentary on Newton (1672) 'A letter … containing his new theory about light and colours…'. Philos Trans A Math Phys Eng Sci. 2015 Apr 13;373(2039):20140213. doi: 10.1098/rsta.2014.0213. PMID: 25750143; PMCID: PMC4360081.

Finlay, R. (2007). Weaving the rainbow: Visions of color in world history. Journal of World History, 18(4), 383–431. http://www.jstor.org/stable/20079447

Itten, J. (1970). The elements of color. Van Nostrand Reinhold Co.

Kaya, R. (1974). Türk Yazmacılık Sanatı. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları

Kavasoğlu, B. R., (2021). RENK. Kavasoğlu Bahriye Ruhsar (Ed.). Ankara: İksad Yayınevi.

Per, M. (2012). Renk Teorilerine Tarihsel Bir Bakış. Yedi, 8, 17-26. https://izlik.org/JA36MY35KN

Polat, H. H. (2012). Renk Teorisi ve Temel Yanılgılar. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 28, 165-173. https://izlik.org/JA42LT58RG

Tazeoğlu Filiz, F., & Çınar, S., (2024). Seramik sanatında renk ilişkilerinin Johannes Itten'ın renk teorisi ekseninde değerlendirilmesi. Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi, 14(3), 923-938. https://doi.org/10.48146/odusobiad.1441981

Tarhan, D. E. (2020). GOETHE'DE RENK FENOMENİ. FLSF Felsefe Ve Sosyal Bilimler Dergisi, 29, 219-246. https://izlik.org/JA95ZK53BZ

Tokdil, E. (2016). Renk kuramları ve Andre Lhote örnekleminde renk algısına fenomenolojik yaklaşım. idil, 5(22), 547-568. https://doi.org/10.7816/idil-05-22-03

Türker, K. (1996). Ağaç Baskı Tokat Yazmaları. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları

TÜRK HALK GİYİMİNDE KULLANILAN CEPKEN VE BENZERİ KISA ÜSTLÜKLERİN KATMAN TAMAMLAYICILIĞI VE GÖRÜNÜRLÜK İŞLEVİ

Prof. Dr. Fatma KOÇ
Ankara Hacı Bayram Veli University, Faculty of Art and Design, Department of Fashion Design, Ankara-Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-3267-5366
Prof. Dr. Emine KOCA
Ankara Hacı Bayram Veli University, Faculty of Art and Design, Department of Fashion Design, Ankara-Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-6607-5652

ÖZET

Türk halk giyiminde giysi, tek bir parçadan değil, iç katmandan dış katmana doğru sıralanan parçaların bir araya gelerek beden üzerinde dizilmesinden oluşan katmanlı bir bütün olarak kurulur. Bu bütün içinde genel olarak cepken ve benzeri kısa üstlük olarak adlandırabileceğimiz giysi parçaları, giysilerin en üstüne giyilen ve en görünür katman olarak konumlanır. Giysi bütünlüğü içerisinde diğer giysi parçalarına oranla kısalığı, önden boydan boya açık ve ön ortası açıklığının geride olması nedeniyle altındaki katmanı bütünüyle kapatmaz, aksine onu daha görünür kılarak giysi bütünlüğünü tamamlar. Aynı zamanda alt katmanda kalan bazı düzensizlikleri örterek giysinin bütün olarak daha düzenli ve estetik görünmesine katkı sağlar. Kısa üstlükler Türk Halk giysilerinin bedende en görünür, en son giyilen ve en dışta duran parçası olarak bütünün nasıl okunacağını belirleyen yüzeyi oluşturur.

Bu çalışmanın amacı; Türk halk giyiminde kullanılan cepken ve benzeri kısa üstlüklerin katman tamamlayıcılığı ve görünürlük işlevini incelemektir. Çalışmada katman tamamlayıcılığı işlevi, giysiyi oluşturan parçalar arasındaki ilişki ve bu ilişkinin kurduğu bütünlük açısından, görünürlük işlevi ise giysinin ve giyenin bu bütünlük üzerinden görünür kılınması olarak ele alınmıştır. Çalışma, nitel betimleyici analiz ve görsel dokümantasyon tekniğiyle yürütülmüş, üstlüklerin katman tamamlayıcılığı ve görünürlük işlevi, araştırmacıların Türkiye Cumhuriyeti sınırları içerisindeki yörelerde, farklı yıllarda gerçekleştirdikleri saha çalışmalarından elde edilen cepken ve benzeri kısa üstlük örnekleri üzerinden tanımlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Cepken, kısa üstlük, katman tamamlayıcılığı, görünürlük, geleneksel giyim, Türk halk giyimi.

THE LAYER COMPLEMENTARITY AND VISIBILITY FUNCTION OF CEPKEN AND SIMILAR SHORT OUTERGARMENTS USED IN TURKISH FOLK DRESS

ABSTRACT

In Turkish folk dress, a garment is constructed not as a single piece but as a layered whole, formed by the arrangement on the body of pieces ordered from the inner layer to the outer layer. Within this whole, the garment pieces that we may broadly term the cepken and similar short

over-garments are worn over all the other garments and are positioned as the most visible layer. Within the integrity of the garment, because of its shortness relative to the other garment pieces, because it is open along the full length of the front, and because its central front opening is set back, it does not wholly cover the layer beneath it; on the contrary, it completes the integrity of the garment by making that layer more visible. Within the integrity of the garment, its shortness relative to the other garment pieces, its being open all the way down the front, and the fact that its front central opening is set back mean that it does not completely cover the layer beneath it; on the contrary, it completes the integrity of the garment by making that layer more visible. At the same time, by covering certain irregularities remaining in the lower layer, it contributes to the garment appearing more orderly and aesthetically coherent as a whole. As the most visible, last-worn and outermost piece of Turkish folk dress on the body, short over-garments constitute the surface that determines how the whole is to be read.

The aim of this study is to examine the layer-complementarity (the functional and visual division of labour between layers) and visibility functions of the cepken and similar short over-garments used in Turkish folk dress. In the study, the layer-complementarity function is addressed in terms of the relationship between the pieces that make up the garment and the integrity that this relationship establishes, while the visibility function is addressed in terms of the garment and the wearer being made visible through that integrity. The study was conducted using qualitative descriptive analysis and visual documentation, and the layer-complementarity and visibility functions of the over-garments were defined through cepken and similar short over-garment samples obtained from field studies carried out by researchers in different years in regions within the borders of the Republic of Türkiye.

Keywords: Cepken, short outergarment, layer complementarity, visibility, traditional dress, Turkish folk dress.

1. GİRİŞ

Giysiler, öncelikle doğanın koşullarından korunmak işlevi ile ortaya çıkmış, zamanla koruyucu, ısıtıcı, serinletici ve süsleyici işlevlerinin yanı sıra üzerlerine toplumsal değerler de yüklenmiştir. Zaman içerisinde giysiler toplumların ait oldukları kültürler bağlamında yalnızca bedeni koruma ve korunma aracı olmaktan çıkarak örtünme ve katman tamamlayıcılığı, süslenme ve gösteriş, bireysel kimlik, yöresel aidiyet ve toplumsal kimlik, inanç ve manevi koruma, statü göstergesi ile sınıflandırma, işlevleri de öne çıkmıştır. Dünya giyim kültürleri, giysinin bedenle kurduğu ilişki bakımından genellikle giysinin bedene tabi olup olmaması üzerine iki büyük gelenek içinde ele alınmıştır. Bu ayrımın oluşmasının temelinde doğu ve batı

kültürünün değerleri oldukça önemli bir etken olarak karşımıza çıkar. Liu, (2008: 131) Doğu ve Batı kültüründeki giysi biçimlenmesinin açıklamasını şu şekilde yapmıştır. *"Doğu kültürünün giysi biçimlendirmesinde insan ile giysisi birbirine bağımlı görülmekte ve giysi, giyenin ruhsal durumunu yansıtan bir bütünün parçası olarak değerlendirilmektedir; Batı'da ise giysi bedene eklenen bir eklenti olarak kavranmakta ve doğal beden güzelliğine daha çok önem verilmektedir. Bu fark, giysinin biçimlendirilme mantığına da yansımıştır. Çok kültürlü Doğu medeniyetinde giysisi büyük ölçüde düzlemsel bir kurguya dayanırken, Batı medeniyetinde giysi, bedeni içeriden biçimlendirme ve dışarıdan teni açığa çıkarma yoluyla beden güzelliğini öne çıkarmaktadır. Batı'nın beden güzelliği anlayışının Antik Yunan felsefesinden bu yana kesintisiz bir çizgi hâlinde modern yüksek modaya kadar aynı ilkeyi koruyarak günümüze ulaşmıştır."* Bu tanımlama, Doğu kültüründe giysilerin ayırt edici özelliğinin, beden formunu belirsizleştiren ve giysiyi bedene sararak biçimlendiren bir kurguya dayandığı bilgisini desteklemektedir.

Doğu Kültüründe bedeni giydirmenin en eski yolu, kesilmemiş kumaş parçalarının bedenin çevresine sarılması ve katmanlar ile kumaşın dökümünün kullanılmasıdır (Almila, 2018: 321). Bu uygulama, Türk, Japon, Kore, Çin, Hindistan, Pakistan, Pers, Arap toplumları vb. pek çok farklı kültürün giysi ve giyinme biçimlerinin başlangıçta bedene sarılan dikişsiz veya çok az dikişi olan kumaşların oyuntusuz geometrik kesimleri ile sadece en ve boy ölçüsü kullanılarak üretilmiş çok katmalı giysi geleneğinin günümüze kadar ulaşmasını sağlamıştır.

Moğol, Çin ve Kore giyiminde, on üçüncü ve on dördüncü yüzyıllarda kaftan veya panço tipi biçimlerde kullanılan kısa kollu üst giysilerin tarihi kökeni Orta Asya'nın göçebe topluluklarına bağlanmıştır (Lee, 2023). Japon giyiminde saray kadınlarının katmanlı giysilerinin görünümü, geniş bir renk çeşitliliği ile tanımlanmış ve katmanlılık başlı başına bir estetik dizgeye dönüşmüştür (Lee, 2010). Korelilerin çok katmanlı giyim geleneğini hanbok adı verilen giysi şekillendirmiştir. İç pantolon ile üzerine giyilen piliseli eteğin altındaki hacimli iç etek ile zengin bir görünüm oluşturulmuştur. Eteğin piliselerinin zenginliği ve genişliği giyenin toplumsal konumuna göre değişim göstermektedir (Kim ve Na, 2022: 273). Bu örnekler, katmanlı giyimin iklim veya doğa koşulları ile sınırlı bir zorunluluk olmadığını, estetik ve toplumsal anlam üreten bir düzen olarak Doğu toplumlarının ortak giyim özelliklerinin pratiği olduğunun kanıtları olarak gösterilebilir.

Giysilerin, özellikle gelenekli toplumlarda görünen ve yüzeysel olanın ötesinde anlamlar taşıyan, kişiler arasındaki güç ilişkilerini kurarak onları görünür kılan işlevlerinin varlığı bilinmektedir (Owyong, 2009). Giyinme eylemi ve giysiler, insanın doğa koşullarından

korunma ihtiyacıyla ortaya çıkmış bir olgu olmakla birlikte, zamanla bu ihtiyacın çok ötesine geçerek anlam üreten bir göstergeler dizgesine dönüşmüştür. Giysiler, toplumdaki bireyler hakkında anlamlar aktaran sözsüz anlatı kaynaklarıdır. Giysiler, bireyin stilini, kimliğini, mesleğini, sosyal statüsünü, cinsiyetini veya grup aidiyetini ifade etme kapasitesine sahip sembolik ve iletişimsel bir role sahip olan değerler olarak da kullanılmaktadır (Aghaei ve diğ., 2017: 533). Bu anlam taşıma kapasitesi yalnızca tek bir parça üzerinden değil, parçaların bir arada kurduğu düzen üzerinden de okunur olması, giysi ile beden arasında kurulan görsel ilişkiler gözlemcinin bakışını yönlendirmekte, bedene yüklenen hiyerarşik değerler üzerinden toplumsal rollerin kurulduğu görsel anlatılar üretmektedir (Jardim, 2021:35). Bu anlam düzeninin en belirgin kurulma biçimlerinden birisi de katmanlı giysiler ve giyime biçimleridir. Katmanlı giyim yalnızca Türk giyim kültürüne özgü olmayıp Doğu toplumlarında yaygın bir gelenektir. Önü açık uzun kaftan biçimi, Orta Asya'nın atlı göçebe topluluklarına uzanan bu giysiler bol şalvarlar ve göyneklerin üzerine katmanlar hâlinde giyilmektedir (Jirousek, 2010:135). Orta Asya kültürünün izlerini taşıyan, zengin bir geçmişi ve kültürel alt yapısı olan Türk halk giyim kültürünün en önemli özelliklerinde birisi de katmanlar ve bu katmanların birleşiminin oluşturduğu giyinme biçimleridir. Gelenekli yaşam kültürünü izlerini sürdüren bazı yörelerde kullanılan bu halk giysilerinin toplumsal kimlik, sosyal statü ve sınıf göstergesi olarak görünürlük işlevi geçmişteki kadar etkisini göstermemesine rağmen hala geçerliliğini korumaktadır.

Türk halk giyiminin önemli bir parçası olan cepken ve benzeri kısa üstlükler, hemen hemen tüm yörelerde kullanımına rastlanan, hem kadınlar hem erkekler tarafından giyilen, düz ve basit örneklerden ağır süslemeli veya nakışlı örneklere kadar zengin bir çeşitlilik gösteren bir giysi parçasıdır. Koç (2013:159), Türk halk giysileri ile ilgili yapmış olduğu bir çalışmada cepken ve benzeri kısa üstlükleri şu şekilde tanımlamıştır. *"Biçimleri itibariyle bazen kalça hizasında olup, çoğu zaman bele kadar gelen, genellikle uzun kollu ve bazı yörelerde kısa veya aşırı uzun kollu, önden tamamen açık olup, genellikle iliksiz ve düğmesiz, önü açık olarak kullanılan, kumaş özellikleri bölgesel özelliklere göre değişiklik gösteren süsleme detaylarında zaman zaman değişiklikler olan bir giysi çeşididir"* şekelinde tanımlamıştır. Söz konusu bu giysi parçası tüm giysi katmanlarının en üstüne giyilen, uzun kollu, önden boydan boya açık, belden biraz daha aşağıda etek boyu ile kısa ve küçük bir giysi parçası olarak tanımlanabilir. Ait olduğu yörenin yaşam koşulları ile gelenek, görenek, adet, ekonomik ve kültürel bağlam gibi pek çok etkene bağlı olarak biçim, kumaş, renk, süsleme ve teknik özellikleri, üretim tekniği, yöresel

adları, kullanım değerleri ve katman tamamlayıcılık açısından çok yönlü ve zengin çeşitlilik gösterir.

Bu çalışmanın amacı; Türk halk giyiminde kullanılan cepken ve benzeri kısa üstlüklerin katman tamamlayıcılığı ve görünürlük işlevini incelemektir. Çalışmada katman tamamlayıcılığı işlevi, giysiyi oluşturan parçalar arasındaki ilişki ve bu ilişkinin kurduğu bütünlük, görünürlük işlevi ise giysinin ve giyenin bu bütünlük üzerinden görünür kılınması olarak ele alınmaktadır. Çalışma, bu işlevin yalnızca biçimsel bir tamamlayıcılık olmadığını, aynı zamanda giyenin toplumsal konumunu okunur kılan bir anlam yükleme aracı olduğunu ortaya koymayı hedefler. Giysi, bedeni kültürel olarak görünür kılmakta ve onu anlamlı bir biçimde eklemlemektedir. Böylece giysi üzerinden bireyin tutumu, yaşı, cinsiyeti ve kültürel kimliği okunabilmektedir. Renkler ve motifler yaş ile statüye ilişkin bilgi taşımakta, giysi toplumsal kimliğin görünür ifadesi olarak işlev görmektedir. Bu doğrultuda çalışma, (1) cepken ve benzeri kısa üstlüklerin giysi katmanı içindeki konumunu ve tamamlayıcılık özelliklerini belirlemeyi, (2) bu konumun giysi bütünlüğü ve toplumsal konum bağlamında nasıl anlam kazandığını ortaya koymayı ve (3) söz konusu işlevin yöre, kuşak ve cinsiyet ekseninde nasıl farklılaştığını göstermeyi amaçlamaktadır.

2. YÖNTEM

Çalışma, nitel betimsel bir araştırma deseni üzerine kurulmuştur. Moe ve Chen, (2026: 8) betimsel araştırmaları, *"incelenen olgu ya da topluluğun özelliklerini tanımlamaya yönelen ve örneklemin temel niteliklerini sınıflandırarak ortaya koyan bir yaklaşım"* olarak tanımlamışlardır. Desenin nitel olması, ölçüm ve sayımla değil, anlam ve ilişkiyle çalışılmasından kaynaklanmaktadır. Türk halk giyiminde kullanılan cepken ve benzeri kısa üstlüklerin işlevi, tek başına ölçülebilir bir özellik değil, parçalar arasındaki ilişkide doğan bir niteliktir. Bu nedenle çalışma, giysiyi bir nesne olarak betimlemenin ötesine geçerek katmanlar arasındaki ilişkiyi okumayı amaçlamakta, bu da çalışmanın birimini tek parça giysi üzerinden giysinin bütünlüğüne ve giyinme biçimine taşımaktadır.

Çalışmanın veri kaynağı, Türkiye Cumhuriyeti sınırları içindeki yörelerde araştırmacılar tarafından farklı yıllarda yürütülmüş saha çalışmalarından elde edilen cepken ve benzeri kısa üstlük örneklerinden okumalar oluşturmaktadır. Bu örneklere ek olarak, yayımlanmış saha araştırmaları ve müze incelemelerinden erişilen metin ve görsellerde çalışmanın kapsamına dâhil edilmiştir. Dolayısıyla çalışma, doğrudan nesne incelemesine değil, belgelenmiş örneklere dayanan bir doküman temelli çözümleme olarak ele alınmıştır. Çalışmanın evreni,

Türkiye Cumhuriyeti sınırları içinde saha çalışmalarıyla belgelenmiş cepken ve benzeri kısa üstlük örnekleridir.

Nitel desenlerde analiz biriminin, kimin ya da neyin dâhil ve hariç olduğu anlaşılacak biçimde açıkça tanımlanması gerektiği belirtilmektedir (Casteel ve Bridier, 2021:342). Bu çalışmada analiz birimi, kısa üstlüğün alt katmanla kurduğu ilişki ve bu ilişkinin oluşturduğu bütünlüktür, parçanın kendisi değildir. Bildiri, cepken ve benzeri kısa üstlüklerin işlev temelli tasnifinde belirlenen altı işlevden giysinin alt katmanla kurduğu ilişki ve bu ilişkinin görünürlüğü öne çıkarılarak *"katman tamamlayıcılığı ve görünürlük"* işlevi açısından ele alınmıştır. Çalışma, araştırmacıların yörelerde farklı yıllarda gerçekleştirdikleri saha çalışmalarından elde edilen cepken ve benzeri kısa üstlük örnekleri üzerinden örneklendirilmiştir.

Alanyazında bu çeşitlilik ağırlıklı olarak üretim tekniği ve yöre adı üzerinden ele alınmış, giysinin kullanım amacı ve işlevsel özellikleri ise sistematik bir tasnif konusu olmamıştır. Bu nedenle cepken ve benzeri kısa üstlüklerin kullanım amacı ve işlevsel özellikleri açısından sistematik bir tasnife tabi tutulması, giysinin kullanım değerleri açısından gösterdiği çok yönlü farklılığı görünür kılması ve işlev temelli bir çözüm sunması bakımından oldukça önemlidir.

3. BULGULAR

Türk halk giyiminin en önemli özelliği, çok parçadan oluşan ve üst üste giyilen katlı yapısıdır. Bu yapı iç katmandan dış katmana doğru sıralanan parçalardan oluşan katmanlı bir bütün olarak kurulur (Koç ve Koca 2016: 765). Bu giyinme biçimi Doğu giyim sisteminin katmanlı kurgusuna bağlanmakla birlikte, ondan tümüyle özdeşleşmeyecek bir özgüllük taşır. Kat kat giyinme, Türk giysilerinin zenginliğini ve çeşitliliğini sağlayan en önemli özelliklerden biri olarak değerlendirilebilir. Bu bütün içinde cepken ve benzeri kısa üstlükler, en üstte ve en görünür katman olarak konumlanır; diğer giysi parçalarına oranla kısalığı nedeniyle altındaki katmanı bütünüyle kapatmaz, aksine onu görünür kılarak giysi bütünlüğünü tamamlar. Aynı zamanda alt katmanda kalan bazı düzensizlikleri örterek giysinin bütün olarak daha düzenli ve estetik görünmesine katkı sağlar.

Gelenekli toplumlarda bedene giyilen, giysi katmanları, süsleme unsurları, renkler ve biçimler bireysel değil toplumsal çizgiler gibidir. Oluşturulan her bir obje veya davranış biçiminin bir anlamı olduğu düşünülmelidir (Koç ve Koca 2016 :759). Katmanlı yapının ortaya çıkışında çevresel koşulların etkili olduğu bilinmektedir. Soğuk hava koşullarında kalın tek bir giysi yerine çok katman giyme tercihi Orta Asya'nın çevresel koşullarına bağlanmakta, konutların ısıtma koşullarının yeterli olmaması bu geleneğin sürmesinde etkili olmuştur (Koç ve Koca, 2011:11). Bu yapı yalnızca giyinme pratiğini değil bu giysilerin üretim şeklinide belirlemiştir.

Türkler yaşadıkları iklime, coğrafyaya ve kültürlerine uyumlu, çok katlı, dikişli ve hareket serbestliği sağlayan giysiler giymiş, dar enli dokunan kumaşlardan verimi en çok sağlayan kalıp yöntemlerini kullanmışlardır (Aktaş ve Adanır, 2024:353).

Katmanlı yapı, parçaların rastlantısal bir araya gelişi değil, belirli bir sıra içinde anlamlı bir bütün kurma biçimi bulunmaktadır. Koç ve Koca (2015: 81-83), Kütahya yöresine ait entarili kadın giysileri üzerine yapmış oldukları bir çalışmada Kütahya yöresi Simav ve Domaniç ilçelerinde kullanılan çok katmanlı üçetek entarili gelin ve yenge giysilerinin çok sayıda parçasının olduğunu ve bu parçaların yörenin giyinme kültürüne göre sıralanmış şekilde iç, dış ve üst giysi türlerinden giyilerek anlamlı bir bütün oluşturması dizimsel bir bağlantının varlığını göstermektedir şeklinde açıklamışlardır.

3.1. Cepken ve benzeri kısa üstlüklerin katman sistemi içindeki konumu ve tamamlayıcılık özellikleri

Türk halk giyiminin en önemli özelliği çok parçadan oluşan üst üste giyilmiş katlı giyinme biçimidir (Koç ve Koca, 2016: 765). Türk giyim kuşamında katmanlılık, sonradan eklenen bir süsleme değil, giysinin kuruluş mantığı olarak kabul edilmekte ve kat kat giyinme, Türk giysilerinin zenginliğini ve çeşitliliğini sağlayan en önemli özelliklerden biri olarak değerlendirilmektedir (Koç ve Koca, 2011: 11). Bu özellik giysinin kendisini de tanımlar Bu düzen içinde cepken ve benzeri kısa üstlükler, dış giyim katmanında, entarinin üzerinde konumlanır (fot. 1). Başka bir deyişle kısa üstlük, takımın içinde sayıca en sona eklenen değil, katmanların üzerine binen ve sayıldığında üçüncü ya da dördüncü sıraya denk gelen bir parçadır. Bu konumuyla giysi, tanım gereği bir çeşit üstlük olarak tanımlanabilir ve asıl ayırt edici yönü, kısalığı dolayısıyla altındaki katmanı kapatmaya değil, giysi bütünlüğünü düzenlemeye yönelmesidir.





Fotoğraf1. Farklı yörelerde kadın ve erkek şavar ve entarili takımlar ile birlikte kullanılan cepken ve benzeri kısa üstlüklerin kullanım şekli

Kısa üstlüklerin boyu, kaynaklarda bel çevresinde dar bir aralıkta tanımlanmaktadır, (Koç ve Koca, 2011:28), bir başka tanımda bel hizasında veya belin biraz üstünde olduğu (Özcan, 2023: 192), müze örneklerinde ise bel hizasında ya da belin hemen altında kesildiği belirtilmektedir (Kuş ve diğ., 2023:725).



Fotoğraf2. Türk halk giyiminde farklı yörelerde kullanılan cepken ve benzeri kısa üstlük örnekleri

Türk halk giyiminde katmanlı giysilerde boyutlar katmanlar arasında hiyerarşik bir ilişki kurularak yerleştirilir. Boyun bu dar aralıkta kalması, katman sisteminin işleyişi bakımından anlamlıdır: kısa üstlük ne eteğin başladığı hattı örter ne de bel hattını tümüyle gizler; bel çizgisini görünür bırakarak alt ve üst beden katmanlarının birleştiği yeri işaretler. Söz konusu üstlüklerin boylarının diğer giysi katmanlarına göre kısa olması bir eksiklik değil giysi katmanlarının birbiri ile olan hiyerarşinin düzenleyicilik ilkesi olarak açıklanabilir. Katmanlar dizilirken kısa olan üstte, uzun olan altta kalır ve bu düzen, giysinin hem biçimini hem okunuşunu belirler. Koç ve Koca'nın, (2011:11) entariler ile ilgili çalışmasında giysi katmanlarının boyutlarını kaftan ile entari açısından açıklarken *"Kaftan ile entari ilişkisinde kaftanın kısa kolları, altında giyilen entarinin uzun kollarının görünmesini sağlamaktadır"* şeklindeki tanımlamaları bu ilke açıkça görülür. Aynı ilke cepken ve benzeri kısa üstlüklerde daha güçlü biçimde kullanılmıştır. Katmanlı giysilerde kısa üstlüklerin etek ucundan içteki kuşağın görünmesinin sağlaması ile vücudun daha uzun gösterilmesi ve dolayısıyla kısalığın,

giysiden eksiltilmiş bir parça değil, alt katmanı görünür kılmak için bilinçli olarak kurulmuş oransal bir düzenleme olduğu söylenebilir.

Katmanlı giysi biçimlerinde görsel yük, katmanlar arasında eşit dağılmaz, en üstteki katman düzenlemenin taşıyıcısı olarak yerleştirilir. Bu, giysinin beden üzerine dizilme biçiminden doğar. Düz kesimli, süslemesiz giysilerin iki ya da dört kez üst üste giyilmesinden oluşan katmanlılık özelliği, aynı zamanda bedenin süslenmesini de oluşturmaktadır (Koç & Koca, 2016: 239). Cepken ve benzeri kısa üstlükler bu bezeme düzeninin merkezindedir. Kısa üstlüğün giysi bütünlüğü içerisindeki konumu, takımın bütünü içinde anlam kazanır. Buradaki işleyişin en dikkat çekici parçası bele bağlanan kuşaktır (Koç ve Koca, 2015:13). Söz konusu kuşak ile üzerine giyilen kısa üstlük arasındaki uzunluk farkı, iki ayrı işlevi olan iki parçayı aynı görsel hatta buluşturur ve kapatma sınırları birbirine bitişiktir. Katmanların birbirini tamamlaması, giysi parçalarının kat kat dizilirken bütünlüğün beden üzerinde görünür hâle getirilmesi ile oluşturulur. Söz konusu bu dizilim, katmanlı yapının aynı anda iki yönde çalıştığını ortaya koyar, birincisi *"altta kalan parçaları örterek düzenler"* ikincisi ise *"üstte kalan parçayı biçimi ve bezemesiyle öne çıkartır".* Burada bir sınırı açıkça belirtmek gerekir. Araştıma kapsamına alına cepken ve benzeri kısa üstlükler, takımın en üst katmanı olmakla birlikte, sokağa çıkışta giyilen en üst giysi parçası değildir. Dolayısıyla kısa üstlüklerin en üst katman da kullanılması, giysi bütünlüğünün görünürlüğü ile sınırlıdır. Söz konusu cepken ve benzeri kısa üstlükler evin, avlunun ve köy içinin giysisi olarak kullanılan, kamusal alana çıkıldığında üzerine bir başka katman eklenen son derece stratejik bir giysi parçasıdır. Bu sınır, çalışmanın argümanını zayıflatmaz, aksine keskinleştirir, çünkü kısa üstlüğün işlevi bedeni dış dünyadan korumak değil, giysi bütünlüğünün görünürlüğünü düzenlemektir.

Cepken ve benzeri kısa üstlüklerin giysi bütünlüğü içerisinde ikinci üstlendiği görev tamamlayıcılık işlevidir. Söz konusu tamamlayaıcılık işlevi eksiğin giderilmesi anlamında değil, katmanlar arasında kurulan işlevsel ve görsel iş bölümü anlamında kullanılmaktadır. Kısa üstlük, altındaki katmanın yerini tutmaz, aksine onu görünür kılarak bütünün okunmasını sağlar. Bu nedenle cepkenin katman sistemindeki konumu, *"ne kadar örtüyor"* sorusuyla değil, *"neyi ne kadar görünür kılıyor"* sorusuyla belirlenmelidir. Kısalığı, ön açıklığı, kısa kolları ve bezeme yoğunluğu bu soruya verilen yanıtın cevaplarıdır. Cepken ve benzeri kısa üstlükler giysi bütünlüğü içerisinde konum, boyutsal tamamlayıcılık, açıklık tamamlayıcılığı, bezeme tamamlayıcılığı ve görünürlük düzenlemesi işlevi açısından değerlendirildiğinde alt katmanı kapatmadığı ölçüde giysinin bütününü görünür kılarak tamamlayıcılık işlevi görevini yerine getirir.

3.2. Cepken ve benzeri kısa üstlüklerin giysi bütünlüğündeki konumunun toplumsal bağlamda anlam kazanması

Türk halk giyiminde anlam, giysinin tek bir parçasına değil, parçaların beden üzerinde bir araya gelişine bağlıdır. Giysi bedene giyilmeden önce gömlek, entari, şalvar, cepken, üç etek gibi sadece giysinin biçimi ile adlandırılan bir bütünün parçası olarak değil giysi parçalarının beden üzerine dizilerek bütünde giysinin neresinde konumlandırıldığı ve giysiye nasıl anlam kazandırdığı öne çıkar. Koç ve Koca, (2015: 77) yapmış oldukları çalışmada Türk halk giysilerinde giysi tek bir giysi parçası olarak değil gelin giysisi, efe giysisi, genç kız giysisi, dul kadın giysisi, yeni gelin giysisi, Manav giysisi, Çerkez giysisi, Kütahya giysisi gibi giysinin bütününe verilen isimler ile tanımlandığını ve bu şekilde anımsandığını aktarmışlardır.

Cepken ve benzeri kısa üstlükler için de durum benzerdir. Söz konusu giysilerin giysi bütünlüğü içerisindeki anlamı, alt katmanın görünürlüğünü düzenleyerek bütünün okunuşunu belirleyen çerçevede oluşturulmuştur. Ayrıca söz konusu işleyiş, giysiyi giyenin bedeniyle kurduğu ilişkiyle de desteklenmektedir. Türk halk giysilerinde bütünlüğün sabit bir kalıptan değil, beden üzerinde kurulan bir düzenlemeden doğduğu açıkça görülebilir. Söz konusu üstlükler bedende en son ve en dışta duran parça olarak bütünün nasıl okunacağını belirleyen yüzeyi oluşturduğu için bu düzenlemenin en görünür aracı olarak kabul görmüştür. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, bezemenin yalnızca estetik bir tercih olup olmadığı veya okunabilir bir bildirim yükü taşıyıp taşımadığıdır. Türk halk giyimindeki katmanlı yapı bu yükü en üst katmana taşıyarak onu daha görünür kılmayı hedefler, çünkü alt katmanların yüzeyi büyük ölçüde örtülüdür ve bakış ister istemez en dıştaki parçada yoğunlaşır. Söz konusu üstlüklerin model özelliği toplumsal kesimler arasında sabit kalarak neredeyse birbirine benzemektedir. Bu durum modelin, kumaş ve süsleme değişse bile giysinin toplumun her kesimi tarafından benzer şekilde kullanıldığına işaret etmektedir. Başka bir açıdan değerlendirildiğinde kesim ve model ortak olduğu için toplumsal ayrım kesimden değil, giysinin kumaş, renk ile süsleme özelliklerinden kaynaklanmaktadır ve cepken ve benzeri giysiler en dış katmana giyildiği için (bkz.fot. 1) bu ayrımın yazıldığı yüzeyin kendisidir.

3.3. Cepken ve benzeri kısa üstlüklerin giysi bütünlüğündeki işlevinin yöre, cinsiyet ve kuşak ekseninde farklılaşması

Türk halk giyim kuşamında hemen hemen tüm yörelerde gelenekli yaşamda hem erkeklerin hem de kadınların kullanıldığı bilinen cepken ve benzeri kısa üstlüklerin giysi bütünlüğü içerisindeki en önemli yapısal ilkesi şaşırtıcı bir biçimde benzer özellikler gösterir. Bu durum onların biçimlerinin birbirine küçük değişiklikler ile benzer formlarda olduğu yöresel ayrımın

genellikle süsleme veya malzeme özelliklerinden kaynaklandığını söyleyebiliriz. Özellikle ana malzeme olarak kullanılan kumaşın, rengi ve süslemenin genellikle yaş ve cinsiyet ekseni üzerinde belirgin biçimde değiştiği görülür. Bu ikisi bir arada okunduğunda kısa üstlüğün tamamlayıcılık ve görünürlük işlevi ortadan kalkmaz, bu işlevin hangi araçlarla yerine getirildiği ve kimin tarafından nasıl kullanıldığı durumu ortaya çıkar.

Hemen hemen tüm bölgelerde kullanıldığı belirlenen bu gruptaki giysi parçalarının üzerindeki motif ve renklerin bölgesel özellikleri, adları ve kullanım şekilleri yörelere göre değişiklik göstermektedir (Koç ve Koca, 2015: 255). Söz konusu giysilerin kullanıldığı yörelerdeki farklılıkların oluşmasındaki ilk göze çarpan, cepken ve benzeri kısa üstlüklerin isimlerinin farklılığıdır. Bu giysilerin yörede kullanılan isimleri malzeme, üzerine uygulanan süsleme, renk veya yöresel tanımlara göre farklılık göstermektedir (Koç ve Koca, 2011: 28). Aynı özelliklere sahip olan kısa üstlüğe farklı yörelerde farklı adlar verilmektedir. Adlandırmanın bu esnekliği tek bir giysiye değil, giysinin kültürel konumuna atıf yapmaktadır. Söz konusu değişkenlik yalnızca süslemede kalmamakta, üretim pratiğine de yansımaktadır. Örneğin; kordon tutturma tekniği ile süslenen üstlükler günümüzde sınırlı sayıda da olsa bazı bölgelerde halen üretilmektedir. Eskişehir'in İnönü ilçesinde *"tuğlu sarka"* adı altında yapılan bu giysiler aynı zamanda yörenin önemli geçim kaynağını da oluşturmaktadır (Koç ve Koca, 2015:249). Burada ad, giysinin kimliği hâline gelmiş, *"tuğlu sarka"* denildiğinde cepkenin kendisi değil, onun üzerine yapılan süslemede kullanılan püsküller söz konusu adın verilmesinde etken olmuştur.

Cepken ve benzeri kısa üstlüklerin kısalık ve uzunluk gibi boyutsal ölçüleri, birbirine uc uca kapanan veya kapanmayan ön açıklığı ve katman içi konumu gibi yapısal ilkeler yöreye göre değişmemekte, dolayısıyla tamamlayıcılık işlevi de değişmemektedir. Yöreye göre değişen, bu işlevin maddi görünümüdür. Bir başka deyişle cepken her yerde aynı işi yapmakta, ancak bu işi farklı kumaşlarla ve farklı bir bezeme diliyle yerine getirmektedir.

Üstlüklerin kullanımını cinsiyet ekseni boyutunda ele alacak olursak dört eksen içinde çalışmanın savını en açık biçimde doğrulayan bir sonuca ulaşabiliriz.

Cepken ve benzeri kısa üstlükler, Selçuklu döneminden itibaren saray ve Türk halk giyiminde kadın ve erkekler tarafından şalvar ve entari üzerine giyilen kısa bir ceket olarak tanımlanmaktadır (Koç ve Koca, 2011: 28). Dolayısıyla giysinin katman içi konumu her iki cinsiyet için de aynıdır. Giysinin boyutları, ön açıklık ve kol boyu gibi biçimsel özellikleri cinsiyete göre değişmemektedir. Koç ve Koca, (2011:18) bu ortaklığın kökenini, Türk giyim tarihinin daha eski katmanlarına kadar izlendiğini Anadolu'ya yerleşen Selçuklu Türklerinde kadın ve erkek giyiminin kesimi arasında gözlemlenebilir bir farkın bulunmadığı, ancak kadın

giyiminin daha yoğun biçimde süslendiği ve erkek giyimine göre daha parlak renkli kumaşlardan yapıldığını, erkek giyiminin ise genellikle sade kumaşlardan oluştuğu şeklinde açıklamışlardır. Bu açıklama *"giysinin tamamlayıcılık işlevi cinsiyete göre değişmezken, görünürlük yükü cinsiyete göre ağırlaşmaktadır"* şeklinde yorumlanabilir. Kadın giyiminde bezeme yoğunlaşmakta, erkek giyiminde yüzey sadeleşmektedir çalışmanın temel ayrımını somutlaştırmaktadır. Ancak erkek kısa üstlüklerinin daha sade ve süslemesinin az olması, giysi bütünlüğünde görünürlük işlevinin taşınmadığı anlamına gelmemelidir. Burada ifade edilen cinsiyet farklılığının renk, doku ve malzeme ile oluşturulan bu görünürlüğün kodunun değiştiğidir. Yani erkek giyiminde de en dış katman okunur kılınmakta, fakat bu daha sınırlı bir bezeme sözlüğüyle yapılmaktadır. Günümüzde gelenekli giysilerin taşıyıcılığını genellikle törensel aktivitelerde kullanarak ağırlıklı olarak kadınlar yapmaktadır. Dolayısıyla Kısa üstlüklerin katman tamamlayıcılığı işlevi, günümüzde az da olsa kadın giyimi üzerinden aktarılmaktadır.

Kuşak ekseni giyenin yaşının giysi üzerinden okunması şeklinde açıklanabilir. Cepken benzeri kısa üstlüklerde kuşak farklılığının renk ve süsleme üzerinden okunması öne çıkar. Giysileri kullananların genç veya yaşlı olarak tanımlanması, yaşlıların kahverengi ve siyah gibi koyu renkli, daha az süslemeli, gençlerin kırmızı, mavi veya mor renkli daha çok süslemeli üstlükleri kullanmalarının kuşak farklılığını belirleyici rol üstlenmiştir. Renk, burada uzaktan okunabilen bir kuşak göstergesi olarak kabul görmektedir ve giyenin yaşını ve toplumsal statüsünü belirlemektedir.

Koç ve Koca (2016: 759) gelenekli toplumlarda giysilerin ve giyinme geleneklerinin bir önceki kuşağın bedeni üzerinde başlayıp değişikliklerle bir sonraki kuşağın bedenlerine aktarılan ve gelecek kuşaklarla devam ettirilen bir yolculuğa benzediği belirtmişlerdir. Kuşak ekseninin kuşaklar arası aktarım için kullanılan ve bu olgu giysinin kendisinden çok taşınma biçimiyle ilgilidir. Bu ifade, katman tamamlayıcılığı işlevinin neden kuşaklar boyunca korunabildiğini açıklamaktadır. Burada aktarılan yalnızca giysinin biçimi değil, giyinme sırası ve katman düzeninin nasıl olduğunun aktarımıdır. Katman tamamlayıcılığı, parçanın alt katmanla kurduğu ilişkide doğduğu için, kullanım bütünlüğünü yitirmiş bir örnekten bu ilişkinin doğrudan okunması beklenemez. Başka bir deyişle kısa üstlükleri bütünden ayrılarak kullanılması veya tek başına belgelenmesi, kısalığın alt katmanı nasıl görünür kıldığını göstermesi için yeterli veriyi sunamayacaktır.

4. SONUÇ

Bu bildiri, Türk halk giyiminde kullanılan cepken ve benzeri kısa üstlüklerin katman tamamlayıcılığı ve görünürlük işlevini üç aşamada incelemiştir. Birinci aşamada kısa üstlüğün katman sistemi içindeki konumu ve tamamlayıcılık özellikleri belirlenmiş, ikinci aşamada bu konumun giysi bütünlüğü ve toplumsal konum bağlamında nasıl anlam kazandığı ortaya konulmuş, üçüncü aşamada ise söz konusu işlevin yöre, cinsiyet ve kuşak eksenlerinde nasıl farklılaştığı gösterilmiştir. Üç aşamanın bulguları bir arada okunduğunda cepken ve benzeri kısa üstlüklerin, katmanlı giysi sistemine eklenen bir parça değil, bu sistemin okunmasını sağlayan düzenleyici parçalar olduğu, giysi bütünlüğü içindeki konumu ile altındaki katmanı görünür kılarak bütünün okunmasını sağlayan bir tamamlayıcı giysi parçasıdır. Bu nedenle araştırma kapsamında ele alınan cepken benzeri kısa üstlüklerin giysinin katman sistemi içindeki konumu *"ne kadar örtüyor"* sorusuyla değil, *"neyi ne kadar görünür kılıyor"* kapsamında değerlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Söz konusu üstlüklerin kısalığı, ön açıklığının iliksiz ve tam kapanmaması, kısa veya aşırı uzun kolları ile süsleme yoğunluğu bu soruya verilen yanıtın araçları olarak konumlandırılmıştır.

Türk halk giyim kuşamında katlı giyim geleneğinin sonradan edinilmiş bir tercih değil, giysinin kuruluş ilkesi olarak kullanıldığı ve kısa üstlüklerin katman sistemi içindeki yeri, onu diğer parçalardan ayırmaktadır. Kısalık burada bir eksiklik değil, alt katmanı görünür kılmak üzere kurulmuş kesim kararlarının sonucu olan bir ölçü olarak kullanılmıştır. Kısa üstlüklerde genellikle kapama gerecinin yokluğu, giysinin bedeni bir kalkan gibi sarmadığını, ön ortada bir aralık bıraktığını gösterir, bu aralık, alt katmanda kurulmuş olan bütünlüğün görünmesine izin veren zekice uygulanmış bir oluşumdur. Tamamlayıcılık burada bir eksiğin giderilmesi değil, katmanlar arasında kurulan işlevsel ve görsel iş bölümünün sonucudur. Üstlükleri yöresel farklılıklardan kaynaklanan süsleme özellikleri kadın ve erkek, genç ve yaşlı kullanıcıların ayırt edilebilirliğinde de etkili olmasına neden olmuştur. Giysinin en dışında duran bakışın ilk ve en uzun süre kaldığı yüzey olduğu için ayrım kesimden değil yüzey, kumaş, renk ve süsleme kaynaklı olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak cepken benzeri kısa üstlükler, katmanlı giysi sisteminde bir süsleme parçası ya da bir tamamlayıcı aksesuar olarak görülmemeli, giysi bütünlüğü içinde sistemin okunmasını sağlayan ölçü olarak algılanmalıdır. Kısalığıyla alt katmanı görünür kılar, ön açıklığıyla bütünlüğü sergiler, bezemesiyle toplumsal konumu yüzeye yazar. Bu nedenle Türk halk giyiminde cepken ve benzeri kısa üstlükler, giysinin bütünlüğünü oluşturan parçalardan biri

olarak değil, bu bütünlüğün tamamlayıcısı ve giysinin görünürlüğünü ortaya çıkartan bir unsur olarak değerlendirilmelidir.

KAYNAKÇA

Aghaei, M., Parezzan, F., Dimiccoli, M., Radeva, P., & Cristani, M. (2017). "Clothing and People - A Social Signal Processing Perspective". *In arXiv (Cornell University)* s. 532–537). Cornell University. https://doi.org/10.1109/fg.2017.71

Aktaş, C., & Özkavruk Adanır, E. (2024). "Geleneksel Türk Kadın Giysilerinde Sıfır Atık Tasarım Yaklaşımı". *Sanat ve Tasarım Dergisi,* 14(1),s. 353-373. https://doi.org/10.20488/sanattasarim.1506104

Almila, A.-M. (2018). The dressed body, material and technology: Rethinking the hijab through sartorial sociology. *International Journal of Fashion Studies,* 5 (2) s. 309–328. https://doi.org/10.1386/infs.5.2.309_1

Casteel, A., & Bridier, N. (2021). Describing Populations and Samples in Doctoral Student Research. *International Journal of Doctoral Studies,* 16, s. 339–362. https://doi.org/10.28945/4766

Jardim, M. (2021). "The plastic of clothing and the construction of visual communication and interaction: a semiotic examination of the eighteenth-century French dress". *De Gruyter Mouton, Semiotica,* 2021(242), s. 17–37. https://doi.org/10.1515/sem-2020-0050

Jirousek, C. (2010). "The Kaftan and Its Origins", *Berg Encyclopedia of World Dress and Fashion,* Central and Southwest Asia, (5).s. 134–138. https://doi.org/10.2752/bewdf/edch5023

Kim, J., & Na, Y. (2022). A Study on the Difference between the Roots of (K)Hanbok and Hanfu. *Family and Environment Research, 60* (2), s. 273–287. https://doi.org/10.6115/fer.2022.018

Koç, F. & Koca, E. (2016) "Türk Halk Giyiminde Kullanılan Süslemelere Tipolojik Bir Yaklaşım". *İdil Dergisi* 5.19 s. 237-262.

Koç, F. & Koca E., 2012 "The Clothing Culture of the Turks, and the Entari. (Part 2,The Entari*), Folk Life: Journal of Ethnological Studies,* 50 (2) , s. 141-168

Koç, F. & Koca, E. (2015) "Kütahya'nın Entarili Geleneksel Kadın Giysilerinin Göstergebilimsel Çözümlemesi, Semiotic Analysis of Traditional Women's Outfits with Entari of Kutahya", *Millî Folklor,* 27 (106), s. 70-87

Koç, F. & Koca, E. (2016). "Halk Giyim Kuşamının Yok Olmasına İlişkin Nedenler ve Koruma Altına Alınması Gerekliliğinin 5N1K Yöntemi İle Analizi", *Turkısh Studıes,* 11/2 , 755-778. http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.9274,

Koç, F. & Koca, E., 2011, The Clothing Culture of the Turks, and the Entari (Part 1: History), *Folk Life: Journal of Ethnological Studies,* 49 (1), s. 10–29

Koç, F., (2013) "Türk Halk Giyiminde Biçimsel Benzerlik ve Terminolojik Farklılık Bağlamında Kısa Kadın Üstlükleri", *8.Uluslararası Türk Kültürü Kongresi: Kültürel Miras Bildiriler Kitabı,* T.C. Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Atatürk Kültür Merkezi Başkanlığı/Eskişehir Türkiye, 24-27 Ekim, s. 157-182

Kuş, N. Ö. & Çelik, D. & Kılınç, N. (2023). "Giyim Sanatı Açısından Kırşehir Müzesi İşlik ve Cepkenlerinin Araştırılması". *Motif Akademi Halk Bilimi Dergisi*. 16 (42), s. 712-727. https://doi.org/10.12981/mahder.1205690

Lee, H. (2023). "The Formative Characteristics and Exchange of Short-Sleeved Clothes in the 13th-14th Century: Centered around Mongolia, China, and Korea". *The Korean Association for Mongolian Studies,* 75, s. 125–150. https://doi.org/10.17292/kams.2023.75.125

Lee, J.-Y. (2010). A Study of the Clothes Phenomenon of the Heian Period of Japan. Fashion & Textile Research Journal, 12 (1), s. 31–37. https://doi.org/10.5805/ksci.2010.12.1.031

Liu, W. (2008). "Philosophy Thoughts Affect Costume", *Asian Social Science (CCSE),* 4 (6), s. 129-131. https://doi.org/10.5539/ass.v4n6p0

Owyong, Y. S. M. (2009). "Clothing semiotics and the social construction of power relations". *Social Semiotics,* 19(2), s. 191–211. https://doi.org/10.1080/10350330902816434

Özcan, A. (2023). "Alexandre Vassılıev Vakfı Koleksiyonundan Osmanlı Tarzı Giyim Örnekleri". *LOKUM Sanat ve Tasarım Dergisi,* 1(2), 190-203. https://izlik.org/JA32RU55EK

BURSA YÖRÜK KADIN GİYİM KUŞAMININ BİÇİMSEL ANALİZİ VE KULLANIM BAĞLAMI

Prof. Dr. Emine KOCA (ORCID: 0000-0001-6607-5652)
Ankara Hacı Bayram Veli University, Faculty of Art and Design, Department of Fashion Design, Ankara-Türkiye
Email: emine.koca@hbv.edu.tr **(**Responsible Author)
Prof. Dr. Fatma KOÇ (ORCID: 0000-0002-3267-5366**)**
Ankara Hacı Bayram Veli University, Faculty of Art and Design, Department of Fashion Design, Ankara-Türkiye
Email: f.koc@hbv.edu.tr

ÖZET

Türk giyinme kültürünün çok katmanlı giyim kuşam biçimleri ve bunu oluşturan giysi parçaları temel olarak aynı olmalarına rağmen, malzeme, renk, süsleme, donanım unsurları gibi nitelikleri ile yörelere özgü çeşitlilik ve farklılıklar göstermektedirler. Bu farklılıklar aynı zamanda yöreye özgü kültürel dokunun, giysiler aracılığıyla dış dünyaya aktarımında belirleyici bir rol üstlenirler. Özellikle giysilerin beden üzerindeki hiyerarşik düzeni, her bir parçanın malzeme, süsleme ve donanım unsurları gibi özellikleri ile bütünleştiğinde ortaya çıkan giyinme biçimi, hem bireyin kimliğinin hemde giyim kuşamın kullanım alanının belirteci olan gösterge niteliğine dönüşmektedir. Bu nedenle, görsel olduğu kadar sembolik yönleriyle de kültürel yapıtaşlarımızdan biri olan bu giysilerin, küresel modanın etkisiyle kullanım görünürlüğünü hızla kaybetmiş olması, Türk giyinme kültürüne özgü belleğin aşınmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla kültürel miras olarak bu değerlerin sadece müzelerde sergilenerek değil, biçimsel ve sembolik olarak özgün niteliklerinin belirlenmesi ve geleceğe aktarılacak belge haline getirilmesi önem ve zorunluluk arz etmektedir.

Bu düşünceden hareketle çalışmada; Bursa İli Mustafa Kemal Paşa İlçesi Yörük kadın giyim kuşamının biçimsel özelliklerinin incelenmesi ve giysilerin sosyal konum ve kullanım alanlarının belirleyicisi rolünü üstlenen özelliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmacıların köklü alan araştırması uzmanlığı ile 1998 yılında yapılmış olan saha çalışması sonucunda ulaşılan giyim kuşam örneklerinin malzeme, süsleme özellikleri ve donanım unsurları belirlenmiş, biçimsel çizimleri yapılmış, giysilerin sosyal düzenleyici işlevinin belirleyicisi olan özellikler, yöredeki kaynak kişilerden edinilen bilgiler doğrultusunda yorumlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; üç köyün yörük kadın giyim kuşamının aynı biçimsel özelliklere sahip giysi parçaları ve donanım unsurlarından oluştuğu ve küçük detaylarda farklılıklar gösterdikleri, giysilerin kesim, süsleme özellikleri, kuşanma biçimlerinin sosyal konum ve giysi kullanım alanlarının belirteci işlevi gördükleri belirlenmiştir. Giyim kuşamın Türk giyinme kültürünün iki karakteristik özelliği olan katlı giyim ve düz kesim

özelliklerini taşıdığı ve kırmızı rengin yörük kadın giysilerinin vazgeçilmez rengi olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Bursa, Yörük, geleneksel giyim, biçimsel analiz, kullanım bağlamları.

FORMAL CHARACTERISTICS AND CONTEXTS OF USE IN BURSA YÖRÜK WOMEN'S TRADITIONAL DRESS

ABSTRACT

Although the multilayered forms of dress and their constituent garment components in Turkish clothing culture are fundamentally similar, they exhibit regional variations and differences in terms of characteristics such as materials, colours, ornamentation, and accessories. These differences also play a decisive role in conveying the cultural fabric specific to each region to the outside world through clothing. In particular, when the hierarchical arrangement of garments on the body is considered in conjunction with the material, ornamental, and accessory-related characteristics of each component, the resulting mode of dress becomes a signifier of both individual identity and the context in which the clothing is worn. Therefore, the fact that these garments, which constitute one of the cultural building blocks of our heritage through both their visual and symbolic dimensions, have rapidly lost their visibility in everyday use under the influence of global fashion has led to the erosion of the cultural memory associated with Turkish clothing traditions. Accordingly, preserving these values as cultural heritage requires more than merely exhibiting them in museums; it is essential to identify their distinctive formal and symbolic characteristics and document them for transmission to future generations.

Based on this premise, this study aims to examine the formal characteristics of Yörük women's traditional clothing in the Mustafa Kemal Paşa district of Bursa and to identify the features through which garments function as indicators of social status and contexts of use. Drawing on the researchers' extensive expertise in field research, the garment examples documented during fieldwork conducted in 1998 were examined in terms of their materials, ornamental characteristics, and accessories, and their formal drawings were prepared. The features through which garments fulfil their socially regulating function were interpreted in light of information obtained from local informants. The findings reveal that the traditional clothing of Yörük women in the three villages consists of garment components and accessories sharing the same formal characteristics, with variations occurring in minor details. It was also established that garment cuts, ornamental features, and ways of wearing serve as indicators of social status and the contexts in which garments are used. Furthermore, the clothing reflects two characteristic

features of Turkish clothing culture, namely layered dressing and flat-cut construction, while red emerges as an indispensable colour in Yörük women's traditional garments.

Keywords: Bursa, Yörük, traditional clothing, formal analysis, contexts of use.

1.GİRİŞ

Köklü geçmişi ve birçok kültürü bir arada barındıran etkileşimli yapısıyla uzun yıllar giyim kuşam biçimlerini kuşaktan kuşağa aktarmayı sürdüren Türkler, gelenekselleşmiş giysi formları ile zengin bir giyinme kültürüne sahiptir. Bu kültürün sadece görsel zenginliği ile değil, giysilerin bazı özelliklerine atfedilmiş olan anlamlarla yansıtılan, kullanıldığı toplumun ortak değerleri olarak kabul görmüş sembolik anlatılarıyla, giysilerin dilini oluşturması da sosyal iletişim anlamında dikkat çekmektedir. Bu bağlamda, temel işlevlerinin ötesinde çok geniş bir sembolik gösterge olarak giyim kuşam biçimleri, sözsüz bir iletişim kanalı olarak görülmektedir.

Türk giyinme kültürünün önemli karakteristiklerinden biri olan çok katmanlı giyinme biçimi, giysilerin beden üzerinde sıralanışları ile görsel çeşitlilik kazanırken, aynı zamanda malzeme, renk, süsleme, donanım unsurları ile de yörelere özgü farklılıklar göstermektedirler. Bu farklılıklar biçimsel görselliğin yanı sıra anlam yüklü mesajlarıyla yöreye özgü kültürel dokunun giysiler aracılığıyla dış dünyaya aktarımında belirleyici bir rol üstlenirler. Bir giysinin rengi, süslemesi veya giyilme sırası değiştiğinde ya da giyim kuşamı oluşturan giysilerden biri kullanılmadığında gösterge niteliği de değişebilmektedir. Özellikle giysilerin beden üzerindeki hiyerarşik düzeni, her bir parçanın malzeme, süsleme ve donanım unsurları gibi özellikleri ile bütünleştiğinde ortaya çıkan giyinme biçimi, hem bireyin kimliğinin hemde giyim kuşamın kullanım alanının belirteci olan gösterge niteliğine dönüşmektedir. Koç ve Koca'nın (2015:75,85) örnekleyerek açıkladıkları, "halk giyiminde giysi parçaları ile kuşanılmış giyinme biçimleri birbiri ile aynı gibi görünmelerine rağmen, yüklendikleri anlamlar açısından değerlendirildiklerinde, üçüncü bir giysi kimliği ortaya çıkar. Bu, bedenin biçimlendirilmesi ile oluşturulan ve birlikte kullanılan giysilerin ifade ettiği farklı sözel anlamlardır" çıkarımlarında da aynı özellik vurgulanmaktadır. Örneğin, Kütahyada, düğünlerde üç etekli entari üzerine işlemeli sarka giyen kadının oğlan evi yengesi, işlemesiz kısa entari giyenin ise kız evi yengesi olduğunu işaret etmesi, giysilerin kullanımıyla ifade edilen farklı anlamlardır. Karakaya (2018:26), Kuzeybatı Anadolu'da bel bağlarının, üç boy püsküllü olanları genç ve gelinler, tek boy püsküllü dizgelerin ise yaşlılar tarafından kullanıldığını belirterek, sadece giysilerin değil donanım unsurlarının da kişilerin sosyal konumunu belirteci olduğuna dikkat çekmektedir. Aşkar ve arkadaşları (2024:66) ise Milas-Çomakdağ-Kızılağaç Köyü'nde evlileri bekarlardan

ayıran tek özelliğin sıralı turalarla işlenmiş baş ve beşibiyerdelerle donatılmış boyun süslenmesi olduğunu belirtmeleri, başlıkların da toplumsal konumlandırma da önemli bir belirteç olduğunu vurgulamaktadırlar.

Anadolunun her yöresi için giysiler, giysi tamamlayıcıları ve baş bağlama biçimlerinin kişilerin kimlik belirleyici semboller olarak kabul gördüğü örnekler çoğaltılabilmektedir. Bu durumda önemli olan, yaratılan değişikliğin toplumun bireylerine aynı çağrışımları yapması ve aynı mesajın algılanmasıdır. Çünkü geleneksel giysiler bireylerin istek ve beğenilerine göre değil, kullanıldıkları toplumun kültürel değerleri ve toplumsal normlar ile şekillendiği için, iletilen mesaj her bir bireyin aynı anlamı çıkaracağı ortak değerlerleri yansıtmaktadır. Bu yönüyle giysiler, kullanıcısına özgü nitelikleri yansıtan rolü ile birey ve toplum arasında bir iletişim aracı işlevi görmektedirler. Dolayısıyla, Türk halk giyiminde giysilerinin biçimsel özelliklerini sağlayan, malzeme, renk, süsleme, donanım unsurları ve kullanım biçimlerinin giysinin temel olan koruma işlevinin ötesinde, herkeste aynı çağrışımı yapan kişilik ve sosyal konum belirleyici sembolik yönleriyle, toplum üzerinde duygusal uyarıcı rolünün de olduğunu söylemek mümkündür. Wilson'un (2003:2) pek çok farklı kültürde, sınırları güçlendirmek ve pekiştirmek amacıyla sembolik sistemler ve ritüeller oluşturulduğunu belirterek giysileri, kültürün içinde yer alan bir organizma ve sınırları belirsiz bir kültürel eser olarak tanımlaması da giysilerin sembolik işlevine vurgu yapmaktadır.

Görsel ve sembolik yönleriyle kültürümüzün özel unsurları olan geleneksel giysilerin bu işlevlerinin ortaya çıkarılması, söz konusu orijinal özelliklerinin belgelenmesi ile mümkün olabilmektedir. Ancak, bu giysilerin küresel modanın etkisiyle kullanım görünürlüğünü hızla kaybetmiş olması belgelenmelerini her geçen gün biraz daha olanaksız hale getirmektedir. Bu durum aynı zamanda Türk giyinme kültürüne özgü belleğin de aşınmasına yol açmakta ve farklı yörelere özgü parçaların bir araya getirilerek kullanıldığı giyim kuşam biçimleri ile karşılaşılmaktadır. Özgünlüklerini kaybetmiş giyim kuşam biçimleri aynı zamanda kültürel yozlaşmanın örnekleri olarak da görülmektedir. Her ne kadar müzelerde korunan ve sergilenen giysiler olsa da kültürümüzün çeşitliliğini ve zenginliğini ortaya koyacak niceliğe sahip olmadıkları da bilinmektedir. Ayrıca, bazı müze envanter bilgilerinin giysilerin orijinal özelliklerini tam olarak içermediği görülebilmektedir. Koca ve Kumaş (2026:327) çalışmalarında; müze envanterlerinde kayıt altına alınan giysi özelliklerinin hem biçimsel hem de giysiye özgü literatür açısından eksik betimlemelerden oluştuğunu belirterek kültürel yozlaşmaya dikkat çekmektedirler. Bu nedenle, geç kalınmış olsa da kültürel miras olarak bu değerlerin sadece müzelerde sergilenerek değil, saha araştırmaları ile halkın koruma altına

aldığı giysilere ulaşabilmek önemlidir. Dolayısıyla, geleneksel giysilerin yöresel bazda ele alınarak biçimsel ve sembolik yönleriyle özgün niteliklerinin belirlenmesi ve geleceğe aktarılacak belge haline getirilmesi önem ve zorunluluk arz etmektedir.

Bu düşünceden hareketle çalışmada; Bursa İli Mustafa Kemal Paşa İlçesi Yörük kadın giyim kuşamının biçimsel özelliklerinin incelenmesi ve giysilerin sosyal konum ve kullanım alanlarının belirleyicisi rolünü üstlenen özelliklerin belirlenmesini amaçlanmıştır. Araştırmacıların köklü alan araştırması uzmanlığı ile 1998 yılında Kocakoru, Körekem ve Doğanalan köylerinde yapılmış olan saha çalışması sonucunda ulaşılan 5 kadın giyim kuşam örneğinin malzeme, süsleme özellikleri ve donanım unsurları belirlenmiş, biçimsel çizimleri yapılmış, giysilerin kullanım alanını belirleyici özellikler yöredeki kaynak kişilerden edinilen bilgiler doğrultusunda yorumlanmıştır.

2012 yılında çıkarılan 6360 sayılı büyükşehir kanunuyla günümüzde üç yerleşim yeri de mahelle statüsündedir.

1.1.Bursa Yörükleri

Göçebe Oğuzlar Müslüman olduktan sonra onlara *Türkmen* adı verilmeye başlanmıştır. (Sümer 1967: 103) Türkmenlere de XV. yüzyıldan sonra *yörük* dendiği bilinmektedir. Günümüzde hâlâ kendilerini "yörük"olarak adlandıran bu yöre köylüleri aynı zamanda Osmanlı Devletini kurmuş olan Türkmenlerin soyundan geldiklerini de ifade etmektedirler. Bursa Yörükleri Anadolu'da değişik bölgelere yerleştirilmiş bulunan diğer Türk boylarından farklı değildir. (Cemiloğlu, 2019:42-44).

Tarih boyunca büyük uygarlıkların yerleşimlere sahne olan Mustafa Kemal Paşa İlçesi Bursa'nın en yoğun yörük nüfusuna ve köklü Yörük-Türkmen kültürüne sahip ilçelerinden biridir. Araştırma kapsamındaki birbirine oldukça yakın mesafede konumlanan Kocakoru, Körekem ve Doğanalan köyleri, Osmanlı döneminde aynı coğrafi havzada konar göçerlikten yerleşik hayata geçen yörük obalarının kurulduğu yerleşimlerdir. Üç köyün yörükleri aynı aşirete mensuptur; kaynaklarda her üç köyün halkının da Oğuzların Kayı boyuna bağlı Karakeçili Yörüklerinden olduğu belirtilmektedir.

Kocakoru, Mustafakemalpaşa ilçesine bağlı, ormanlık bölgede yer alan köklü bir Karakeçili yörüğü yerleşimidir. Göçer yörük olan ilk yerleşikler, her tarafı orman ağaçtan çatma evler yapmışlar ve köye de çevresindeki büyük ormanlar nedeniyle Kocakoru adı vermişlerdir (Balaban, 2026). XVI. yüzyıldan itibaren Anadolu'da iki Türkmen oymağından biri Sivas'ın batısından Ankara'nın güneydoğusuna kadar uzanan geniş sahada Uluyörük Türkleri adıyla anılan Kara-keçililer yaygın bir yerleşim oluşturmuştur (Sümer, 2001:427). Karakeçili aşireti,

Oğuzların 24 kolundan biri olan Bozok kolundan Oğuzhan'ın büyük oğlu Günhan'ın mensup olduğu Kayı Boyu'nun en büyük aşiretidir. Ertuğrul Gazi'nin önderliğinde Pasin Ovasından Anadolu içlerine doğru göç ederek Muğla, Antalya, Bilecik, Kütahya, Bursa, Eskişehir, Kırşehir, Sivas illerine yerleşmişlerdir (Çay ve Öztürk, 2019:540).

Körekem, Oğuzların kayı boyuna mensup Karakeçili yörüklerin yaşadığı bir orman köyüdür. Yerel tarih araştırmacıları ve bölge tanıtım kaynakları, Körekem sakinlerinin kayı boyuna bağlı Karakeçili Yörüklerinden oluştuğunu doğrulamaktadır. Araştırmacı Raif Kaplanoğlu'nun (2016) tespitlerine göre Bursa genelinde yaklaşık 60 Karakeçili mahallesi bulunmakta olup bunların en yoğun olduğu ilçe Mustafakemalpaşa'dır.

Doğanalan, adının doğan kuşunun çok bulunması nedeniyle verildiği söylenen köy 19. yüzyılın ilk yarısında (yaklaşık 180-190 yıl önce) 7-8 çadırlık konar-göçer yörük ailesinin yerleşik hayata geçmesiyle kurulmuştur (Kaplanoğlu, 2016a). Bölgedeki Yörük yerleşimleri üzerine yapılan saha derlemelerinde (örneğin, Doğanalanlı kaynak kişi Aziz Kılınç ve Körekemli Mahir Elazoğlu'nun aktarımlarında) köy halkının Karakeçili soyundan geldiği teyit edilmektedir (Genç, 2012).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bursa İli Mustafa Kemal Paşa İlçesi yörük kadın giyim kuşamının biçimsel özelliklerinin incelenmesi ve giysilerin sosyal konum ve kullanım alanlarının belirleyicisi rolünü üstlenen özelliklerin belirlenmesinin amaçlandığı, alan araştırmasına dayalı betimsel çalışmada; araştırmacıların köklü alan araştırması uzmanlığına dayalı 1998 yılında Kocakoru, Körekem ve Doğanalan yörük köylerinde yapılmış olan saha çalışması sonucunda ulaşılan 5 kadın giyim kuşamı ve giysi parçaları çalışmanın materyalini oluşturmaktadır. 2012 yılında çıkarılan 6360 sayılı büyükşehir kanunuyla günümüzde üç yerleşim yeri de mahelle statüsündedir.

Araştırmacılar tarafından hazırlanan görüşme ve gözlem formu (giysi inceleme formu) kullanılarak, giyim kuşamları oluşturan giysilerin biçim, malzeme, süsleme özellikleri ve donanım unsurları belirlenmiş, fotoğrafları çekilmiş ve biçimsel çizimleri yapılmıştır. Kullanım alanı bağlamında giysilerin belirleyici özellikleri yöredeki kaynak kişilerden edinilen bilgiler doğrultusunda yorumlanmıştır.

3. BULGULAR VE YORUM

Araştırma kapsamındaki yörük köyleri Körekem, Kocakoru ve Doğanalan aynı bölgede birbirine oldukça yakındır ve aynı yerel ulaşım güzergahı üzerinde sıralanmaktadır. Bursaya ve İlçeye uzaklıkları çok fazla olmamasına rağmen bu üç köyde yaşayan yörüklerin, araştırma yapılan tarihte (1998) giyim kuşam başta olmak üzere birçok geleneği sürdürmeye çalıştıkları

ancak, bu çaba orta yaş üzerindeki kadınlar tarafından gösterilirken, yöre halkından edinilen bilgiler gençlerin ilgisinin azalmaya başladığını ortaya koymuştur. Gönümüzde ise özellikle giyim kuşam biçimini kullananların sayısı yok denecek kadar az olmakla beraber, ilkbahar ve yaz aylarında farklı tarihlerde kendi geleneksel köy hayırlarını ve yörük günü etkinliklerini ayrı ayrı düzenleyerek ve büyük yörük şenliklerine katılarak geleneklerini sürdürmeye devam etmektedirler. Her yöreden yörüklerin katılımıyla gerçekleşen bu ortak şenliklerde, deve kervanları ile temsili göç yürüyüşleri ve geleneksel giysileri ile kadınlar ve erkekler en renkli görüntüleri sergilemektedirler.

Yerel basının büyük yer verdiği bu şenliklerde, özellikle kadınların giyim kuşamı büyük ilgi çekmektedir. Bu giysilerin çoğunlukla yeni üretilmiş oldukları ve ne yazık ki giysi süslemelerinde ve kullanılan malzemelerde değişim olduğu net bir şekilde görülmektedir. Bu durum, kültürel değerlerin yozlaşmasına yönelik kaygıların bir örneği olarak görülmekte ve giysilerin biçimsel ve sembolik olarak özgün değerlerinin belgelenmesini amaçlayan bu çalışmanın önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Mustafa Kemal Paşa Yörük Etkinlikleri



2022 yılındaki Geleneksel Bozağaç Yörük Şöleninde Yörük kadınlar (Gazete Mücadele, Lodos Haber)



2026 Kocakoru ve Körekem Köy Hayrında Yörük Kadınları

Resim 1. Köy Hayrı ve Yörük Şenliklerinden Görüntüler

Resim 1'deki etkinliklerde yörük kadınlarının giyim kuşamı genel olarak biçim, kumaş ve renkler açısından orijinal özelliklerinin korunduğu algısını oluşturmakla birlikte süsleme motif ve malzemelerinde değişim olduğu gözlenmektedir. Söz konusu değişimin neler olduğunu belirlemek için bu giysilerin orijinal özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

3.1. Yörük Kadın Giyim Kuşamı

Araştırma kapsamındaki Kocakoru, Körekem ve Doğanalan köylerinde yörük kadınlarının giyim kuşamını oluşturan giysiler beden üzerinde belirli bir sıra oluşturacak şekilde giyilerek ve donanım unsurlarıyla bütünleştirilerk katmanlı bir görüntü sergilemektedirler. Alt bedende yörük donu (şalvar), üst bedende göynek ten üzerine giyilen giysilerdir. Göynek üzerine üçetek entari ve kısa üstlük çeşidi olan çuha /yörük kesmesi giyilmektedir. Beden üzerinde yörük kuşağı, peşkir bağı/futa, baş bağlamada ise pullu örtü, başbağı gibi donanım unsurları ile giyim kuşam biçimlendirilmektedir.



Resim 2. Kullanım Bağlamında "Kocakoru" Yörük Kadın Giyim Kuşamı

Resim 2'de, Kocakoru köyünde ulaşılan 1940'lı yıllara ait üç yörük kadın giyim kuşamı görülmektedir. Görseller incelendiğinde dikkat çekici olan; üçü de aynı parçalardan oluştuğu halde, giysi kullanım özellikleri ile bireyin soyal konumunu belirleyen farklı anlamları çağrıştıran özellikleridir. Şalvarı, göyneği, üçetek entarisi ile benzer parçalardan oluşan üç giyim kuşam biçiminin üst giysilerinde farklılıklar görülmektedir. Görsel (a) Entari üzerine giyilmiş olan boyu bel hizasında, üzeri yoğun sim işlemeli kısa üstlük yörede "çuha" olarak adlandırılmaktadır. Bele önlük gibi bağlanan peştemalin yöredeki adı ise "futa"dır.

Peştemalların cubuklu ve renkli dokunanlarına ve ipekten yapılanlarına "Futa" denilmektedir. Gösteriş amacı ile kullanılan futaların, kaliteleri ve değerleri zaman zaman değiştirilmiş ve fazla süslü olan bu dokumaların yapımı uzun zaman önce bırakılmıştır. Futa peştemallar, bele dolanarak kullanıldığı icin "dolaylı peştemal"lardır. Kuşanılan peştemalın renklerinden hangi köy ya da kasabadan olduğunu tahmin etmek mümkündür (Kahveci, 1991:43).

Koç ve Duman (2023:201), Günyurdu yörük kadınlarının giysileri beden üzerine dizilirken, giysi ile birlikte kullanılan bazı aksesuarların giysiyi giyen kişinin sosyal statüsünün görsel göstergeleri olarak konumlandığını, bu giysilerin kullanım yeri ve kullanım amacının giyen kişiye göre farklılık gösterdiğini belirtmeleri de bu anlamda değerlendirilmektedir. Bu nedenle, yörük topluluklarında peştamal üzerindeki çizgi sıklığı, kalınlığı ve renk kontrastının bireyin medeni halini, yaş evresini, oba/aşiret aidiyetini, ekonomik gücünü ve yas gibi özel durumlarını topluma ilan eden birer "kimlik kodu" olduğu ve sözsüz bir iletişim aracı olarak işlev gördüğünü söylemek mümkündür. Yöreden edinilen bilgilere göre Resim 1a daki yoğun işlemeli çuha ve futası ile diğerlerinden ayrılan giyim kuşamın, varlıklı ve özellikle genç gelinlerin özel gün ve törenlerde giydiği giysi olduğunun belirtilmesi de bu söylemi desteklemektedir.

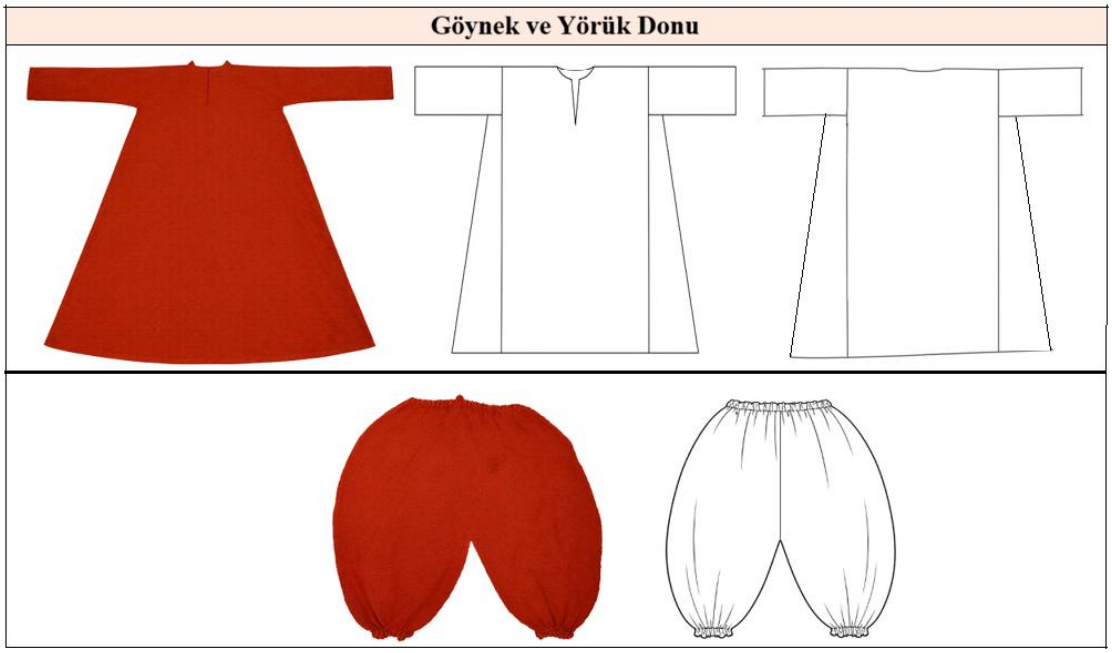
Resim 1.b'deki giyinme biçimi şalvar, göynek, üçetek entari ve üzerine giyilen yörük kesmesinden oluşmaktadır. Giysi parçaları aynı olmasına rağmen, diğerine (1a) göre oldukça sade ve gösterişsiz bir görünüm sergilemektedir. Entarisi ile aynı kumaştan süslemesiz üstlüğü ile boynundaki beşibiyerde altınların tezat oluşturması, giysinin kullanım alanının belirteci olarak değerlendirilmektedir. Kaynak kişiden (Hanife Aydemir) edinilen bilgiye göre, bunun yörede kına gecesinde gelinlerin kına yakılırken giydiği bir kıyafet olması, bu tezatlığa açıklık getirmektedir. Bu da giyim kuşam biçimlerinin kullanım alanı ve bireyin konumunu belirten gösterge işlevine önemli bir örnektir.

Resim 1c'de ise üstlük olarak giyilen yörük kesmesinin kırmızı rengi ve pul detaylı süslemeleri dikkat çekmektedir. İkinci bir nokta ise entarinin ön eteklerinin belde toplanmış olarak kullanılmasıdır. Boynundaki beşibiyerde altınları ile giyim kuşam değerlendirildiğinde, yeni

gelin giysisini çağrıştırmakla birlikte ön eteklerin kullanım biçiminin bir anlamı olduğu da açıktır. Edinilen bilgiler, eskiden yeni gelinlerin elinden her iş geldiğini ve çalışkan olduğunu belirten bir kullanım şekli olduğu, ancak özellikle bayramlar ve özel günlerde giyim kuşamın görselliğini artıran bir uygulama olarak da yaygın kullanıldığı anlaşılmaktadır.

Resim 1'deki Kocakoru köyü yörük kadınlarından üç faklı giyim kuşam örneğinin, süsleme ve kullanım özelliklerinindeki detayları ile farklı çağrışımlar yarattığı ve iletilen mesajın toplum tarafından aynı anlamı taşıdığını söylemek mümkündür. Bu söylem, Koca ve Koç'un (2020: 35), "giysilerin giyilme sırası, giyim kuşamı oluşturan parçaların çeşidi ve sayısı diğerlerinden farklılık yaratarak benzersizlik oluşturan bir uygulama olmakla birlikte, giyim kuşam içinde yer almayan veya ilave edilen bir giysi parçası ile giysiyi kullanan bireyin sosyal konumuna veya kimliğine yönelik mesajları alabilmek mümkündür" açıklaması ile örtüşmektedir.

Bazı detaylarında farklılıklar olsada Yörük kadın giyiminin temel parçaları aynıdır ve bu detaylar giysi kullanım biçimleri ile bütünleştiklerinde anlamlı çağrışımlar oluşturmaktadırlar.



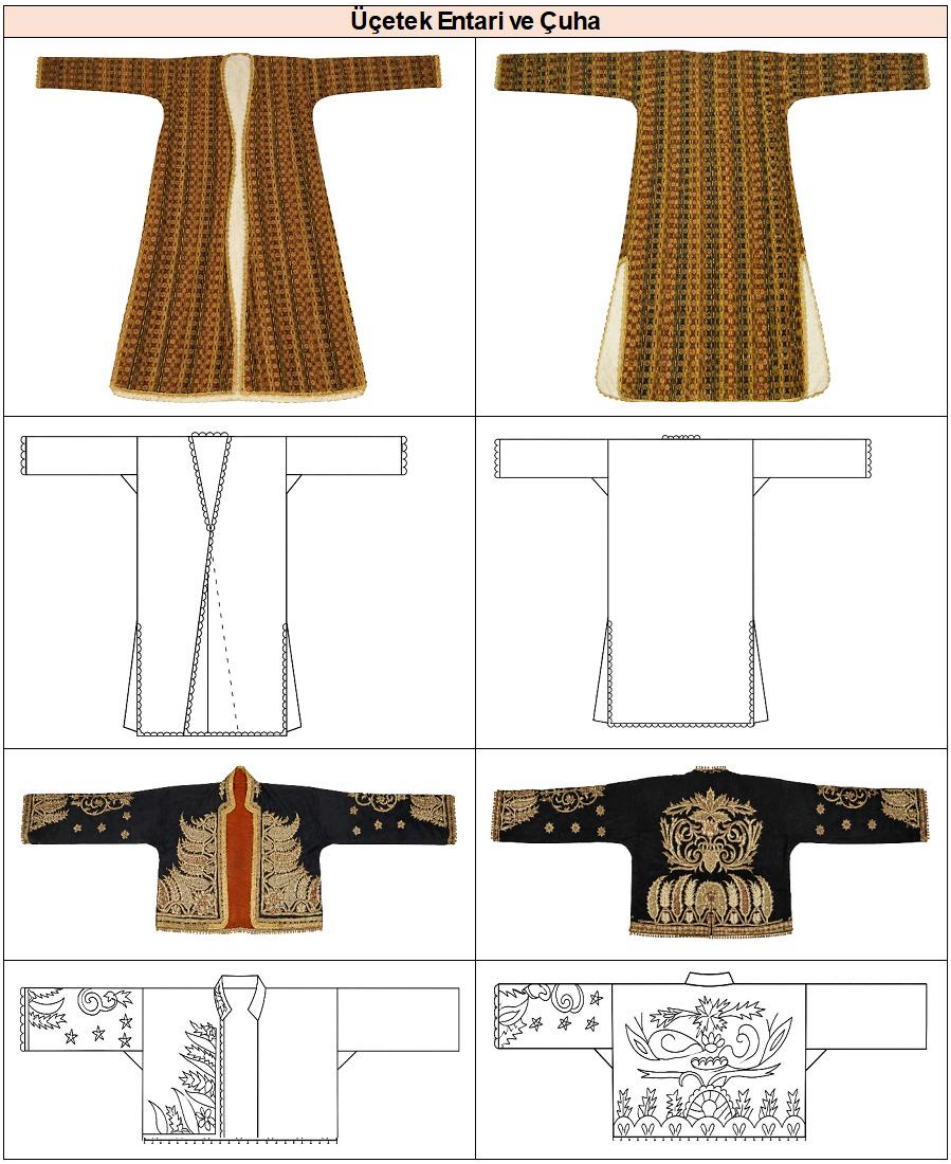
Resim 3. Kocakoru Göynek ve Yörük Donu Biçimsel Çizimleri

Göynek:Yörük kadın giyiminde üst bedene giyilen bu iç giysinin, ön ortası kapamasız geniş beden formunu, iki yandaki üçgen peşleri ile etek ucuna doğru genişleyen ayak bileği uzunluğunda eteği oluşturmaktadır. Yan peşlerin üzerinden bedene dik olarak -T- biçiminde birleştirilmiş uzun kolları ve boyun çevresine göre şekillendirilmiş yırtmaçlı yaka oyuntusu ile Türk halk giyimindeki geleneksel göynek formunu yansıttığı görülmektedir (Resim 3). Göyneklerin etek uçları ve yan peşlerindeki süslemeli olanları da bulunmaktadır. bu süslemeler giyen kişinin sosyal konumu hakkında ipuçları vermektedir.

Yörede ulaşılan göyneklerin tümünde, "düzal" adı verilen kırmızı renk pamuklu kumaş kullanılmış olması dikkat çekicidir. Yörede yapılan görüşmelerde, kırmızı rengin kadın giyimine görsel açıdan kazandırdığı canlılığın ötesinde, inanç sistemine dayalı dişilik, ilahi güç, koruyuculuk ve ayırt edicilik gibi daha köklü anlamlar taşıdığının belirlenmesi, bu rengin Türk kültüründeki tarihi derinliğine atıf yaptığını düşündürmektedir. Ergin (1997:78), Türk kültüründe al ve kızıl renklerin birbirinin yerine farklı kullanımları ve anlamları olsa da daha çok "dişilik" sembolü olarak kullanıldığını belirterek, kızıl rengin bu kullanımına en belirgin örneğin, Dede Korkut Kitabı içindeki ilk anlatma olan "Dirse Han Oğlu Boğaç Han" olduğunu vurgulamaktadır.

Yörük Donu/Şalvar: Düşük ağ oyuntusu ve oldukça geniş düz kesim paçaları ile belden ayak bileğini kapatacak boyda allt bedene giyilen giysidir. Bel ve paça uçları lastikle toplanarak bedene uyumu sağlanmıştır. Göynek kırmızı renk pamuklu dokuma olan *"düzal"* kumaştan üretilmiştir.

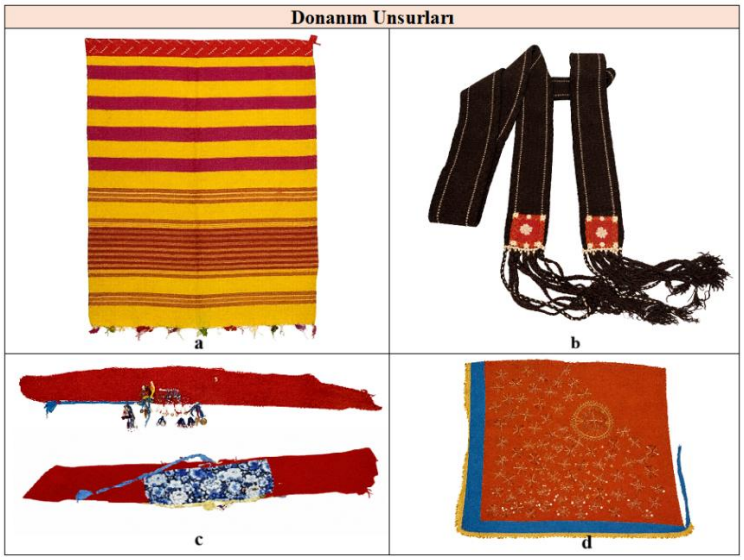
Göyneklerde olduğu gibi yöredeki yörük donlarında da kırmızıdan başka renge rastlanmamıştır. Bu da kırmızı rengin yörük kültürü içindeki belirleyici rolünü belirtmektedir.



Resim 4. Kocakoru Üçetek Entari ve Çuha/Yörük Kesmesi Biçimsel Çizimleri

Üçetek Entari: Anadolu'nun pekçok yöresinde kadınların giydiği boydan açık entarilerle benzer biçimsel özelliğe sahip bir giysidir (Resim 4). Omuzdan ayak bileğine kadar uzanan düz beden formunun etek ucuna doğru genişliğini artıran, ön kapama kenarlarına eklenmiş üçgen peş parçalarıdır.V-yaka oyuntulu entarinin düz kolları, göynekte olduğu gibi bedene dik olarak birleştirilmiştir. Kol altlarına yerleştirilen kare kuş parçaları giysinin hareket potansiyelini artırmak amacıyla kullanılmıştır. İki yan dikişinde derin yırtmaçları olan entarinin kapama, etek ucu çevresi ve kol uçları sarı renkte pamuklu iplikten elde örülmüş dar oya ile süslenmiştir. Üçetek entarinin kumaşının geleneksel Türk dokumalarından kutnu olduğu görülmektedir. Ancak, sarı, lacivert ve kırmızı yollu desenleri olan bu dokumaya yörede "*poralı kumaş*" adı verilmektedir. Entarinin içi doğal renkte pamuklu bez ile astarlanmıştır.

Çuha/Yörük Kesmesi: Önü uç uca kapamalı, uzun kollu ve boyu bel hizasında bir üstlüktür. Yörede "yörük kesmesi" olarak adlandırılan üstlükler genellikle kırmızı "düzal" kumaştan yapıldığı için, çuha kullanılan bu üstlük adını kumaşından almıştır. Entari de olduğu gibi, çuhanın da düz olan kolu bedene dik olarak birleştirilmiş ve kol altına kare kuş parçası yerleştirilmiştir. 2,5cm. genişliğinde dik yakası ve ön kapama kenarları açık sarı renkte hazır harç ile süslenmesine rağmen, etek ucu ve kol ağzı çevresi aynı renkte pamuklu iplikten elde örülmüş sallantılı oya ile süslenmiştir. Çuhanın beden, kol ve yakasındaki bitkisel motiflerle bezenmiş yoğun sırma işlemeleri göze çarpan ayırt edici özelliğidir. Çuhanın içi kırmızı "düzal" kumaş ile astarlanmıştır. Kısa üstlüklerin bazı bölgelerde salta, sarka, libade, ilbede, delme gibi farklı isimlerle adlandırılan çeşitleri olmakla birlikte yaygın olarak cepken adıyla bilinmektedirler.



Resim 4. Kocakoru Yörük Kadın Giyimi Donanım Unsurları

Futa/Peşkir Bağı (4a):Kırmızı ve sarı renkte, enine kalın ve ince çizgilerle dokunmuş, 75x50 boyutlarında, kısa kenarındaki dokuma iplikleri püskül olarak bağlanmış ipekli bir peşkirdir. Yörede bu dokuma "elmas" adıyla anılmaktadır. Futa, yörede "peşkir bağı" olarak da adlandırılmaktadır.

Gelenekli yaşamda giysilerin önlerine takılan önlükler kadınların günlük işlerini yaparken giysilerin kirlenmesini önlemek amacıyla, ön eteklerini kapatacak şekilde bellerine bağladıkları bir giysi parçasıdır (Koca ve Koç, 2016:553). Türk halk giyiminde peşkir ve yağlıklar bele takılarak hem estetik hem de fonksiyonel işlev görmektedirler. Resim 4'teki "futa" ipek olduğu için süsleme amaçlı bele bağlanarak kullanılmıştır. Koç ve Duman (2023:212), Bilecik Günyurdu Köyü Karakeçili yörük kadınlarının üçetek entarilerinin üzerine bellerine bağladıkları önlüklerin pamuklu ipliklerde enine kırmızı beyaz çizgili dokunmuş parçalar

olduklarını ve iki yanındaki bağcıklarla bele bağlanan bu dokuma önlüklere yörede peştamal denildiğini belirtmektedirler. Peştemalın kalınlı inceli renkli çizgilerinin kadınların sosyal sınıflarını belirleyici bir özellik olduğuna da dikkat çekmektedirler.

Yörük Kuşağı/Bel Kuşağı (4b): Genellikle kırmızı lacivert ve beyaz renklerde yün ipliklerden elde özel teknikle dokunan farklı genişliklerde dar dokumadır. İki ucu dokuma iplikleri ile saçaklı olan kuşakların geometrik desenli olanları da mevcuttur. Saçaklarının ucunda nazar boncuklarının olması kullanıcısını kötü gözlerden korumak için önemlidir. Genellikle 10cm. Genişliğinde ve 2.5 mt. boyunda olan kuşaklar, entarinin üzerine bele birkaç kez dolandıktan sonra arkadan bağlanarak sarkıtılır. Böylece entariyi bele sabitlemek ve beli sıcak tutmak gibi fonksiyonel işlevinin yanısıra, saçaklarıyla arkada oluşturduğu görüntü de sembolik işlevinin olduğunu göstermektedir. Saçakların boyu, yoğunluğu ve boncuk süslemeleri de kişilerin estetik ve güzellik anlayışını yansıtmaktadır. Genç kadınların kuşakları sık saçaklı ve renkli boncuklarla süslü iken, orta yaşlı ve yaşlıların kuşakları daha az dikkat çekecek niteliktedir

Başbağı (4c): Yörük kadınının baş bağlama biçimlerinin en görünür ve çarpıcı bir parçasıdır. Bu özelliğini kırmızı rengi ve üzerine tutturulan mavi ağırlıklı boncuklarından kaynaklanmaktadır. Yaklaşık 13-15 cm genişliğinde başa bağlanacak uzunlukta kırmızı pamuklu "düzal" kumaştan hazırlanan dikdörtgen parça, dolgun görünmesi için altına katlanmış kumaş parçaları ile desteklenmiştir. Çengelli iğneye dizilmiş nazar boncuklarının kırmızı zemin üzerindeki göze çarpan etkisi nazara karşı koruma amacını taşımaktadır. Boncukların dikilerek değil çengelli iğne ile başbağına tutturulması, sık yıkanan bu parçanın bakımı için önemlidir. Giysi üzerindeki süsleme malzemelerinin yansıttığı mesajlar ortak olabildiği gibi, yöresel kültüre bağlı olarak farklılık gösterebilmekle birlikte, nazardan korunma, bolluk, bereket, zenginlik gibi mesajları ileten malzeme ve semboller çoğu zaman ortak olabilmektedir (Koç ve Koca, 2016:259). Nazar boncuğu da bu ortak sembollerden biridir. Pullu örtünün altına alına sarılarak arkadan bağlanan kırmızı başbağı, süs unsuru olmanın ötesinde kimlik belirleyici bir rol de üstlenmektedir. Ekici'nin (2016:105), "*al renkli kumaşların ve dokumaların Türk kültüründe ayrıcı bir renk olarak da kullanıldığı görülür. Orta Asya'dan Anadolu ve Balkanlar'a göç eden Türkmen toplulukların kendi boylarını veya kendi inançlarını göstermek için başlıklarını bir "al bez", "al yazma" ile sardıkları da bilinmektedir*" açıklaması bu rolü açıkça ortaya koymaktadır.

Pullu Örtü/Yörük Örtüsü (4d): Kırmızı "düzal" kumaştan 90-100 cm. kare şeklinde, köşe oluşturan iki kenarı mavi bant ile temizlenmiş baş örtüsüdür. Mavi bantlı iki kenarı pullu firkete oyasıyla süslenmiştir. Örtünün kırmızı yüzeyi, sarı ibrişim iplikle zincir iğnesi tekniği ile

pullarla süslenmiş, stilize çiçek ve dal motifleri ile bezenmiştir. Baş örtüsünün mavi bantlı köşesi sırtın ortasına kelecek şekilde üçgen katlanarak baş bağının üzerine yerleştirilir ve boyundan arkaya sarılarak bağlanır. Örtünün iki ucunun baş üzerine bağlanarak kullanım şekli de yaygındır. Bu uygulama baş bağlama biçiminin görselliğini artırmaktadır.

Giysi parçalarının bölgesel kullanım şekli, süsleme ve bağlamama farklılıkları süslenme biçimlerini de çeşitlendirmiştir. Uygulanan motifler, renkler, takılar ve giyinme biçimleri genellikle Anadolu ve çevresindeki insanın doğumundan ölümüne kadar her döneminde başkalarından ayırt edilmesini ve bölgesel farklılıkların oluşmasını sağlamıştır (Koç ve Koca, 2016:240). Bu bağlamda, temel parçaları ayrı ayrı açıklanan Kocakoru köyü yörük kadın giyim kuşamının, Körekem ve Doğanalan giysi parçaları aynı kesime sahip olmalarına rağmen, süsleme, malzeme gibi detaylar ve kullanım biçimleri bağlamında farklılıklar gösterebilmesi de doğaldır.

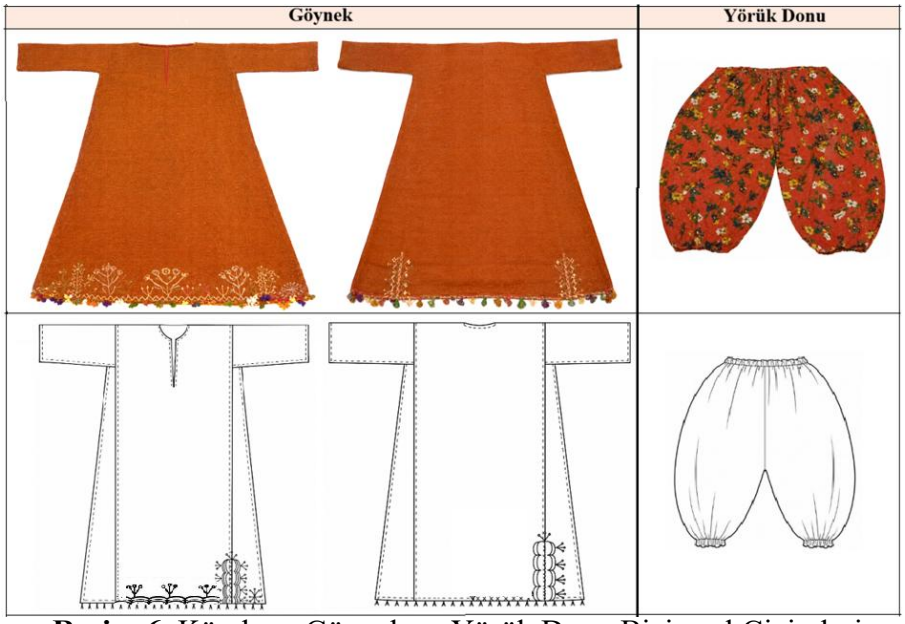


Resim 5. Kullanım Bağlamında "Körekem" ve "Doğanalan" Yörük Kadın Giyim Kuşamı

Resim 5'teki Körekem ve Doğanay köyleri yörük kadın giysileri incelendiğinde, yörük kesmesi üstlüğün dışında iki görselin de aynı giysi parçalarından oluşması ilk dikkat çeken "benzerlik" özelliğidir. İkincisi ise Körekem görselinin göynek uçlarındaki püskül süslemelerinin "farklılık" göstermesidir. Bu farklılıkların sadece görsel olarak değil anlam boyutunun da olabileceğini düşünmek doğru bir yaklaşımdır. Türk giyiminde süslemelerin yüklendikleri anlamlarla önemli bir iletişim aracı olduğu bilinmektedir. Kişilerin sosyal konumları ve ekonomik durumlarının, süslemelerin yoğunluğu ve kullanılan malzemenin değeri ile orantılı olduğu dikkate alındığında; göyneğin etek yüzeyinde olan süslemelerin yürürken entarinin ön açıklığından görünmesi, etek ucundaki püsküllerin ise entarinin altında ikinci katman olarak estetik bir görünüm sağlaması sadece görsellikle açıklanamaz. Bu giysinin özel olarak çiçek,

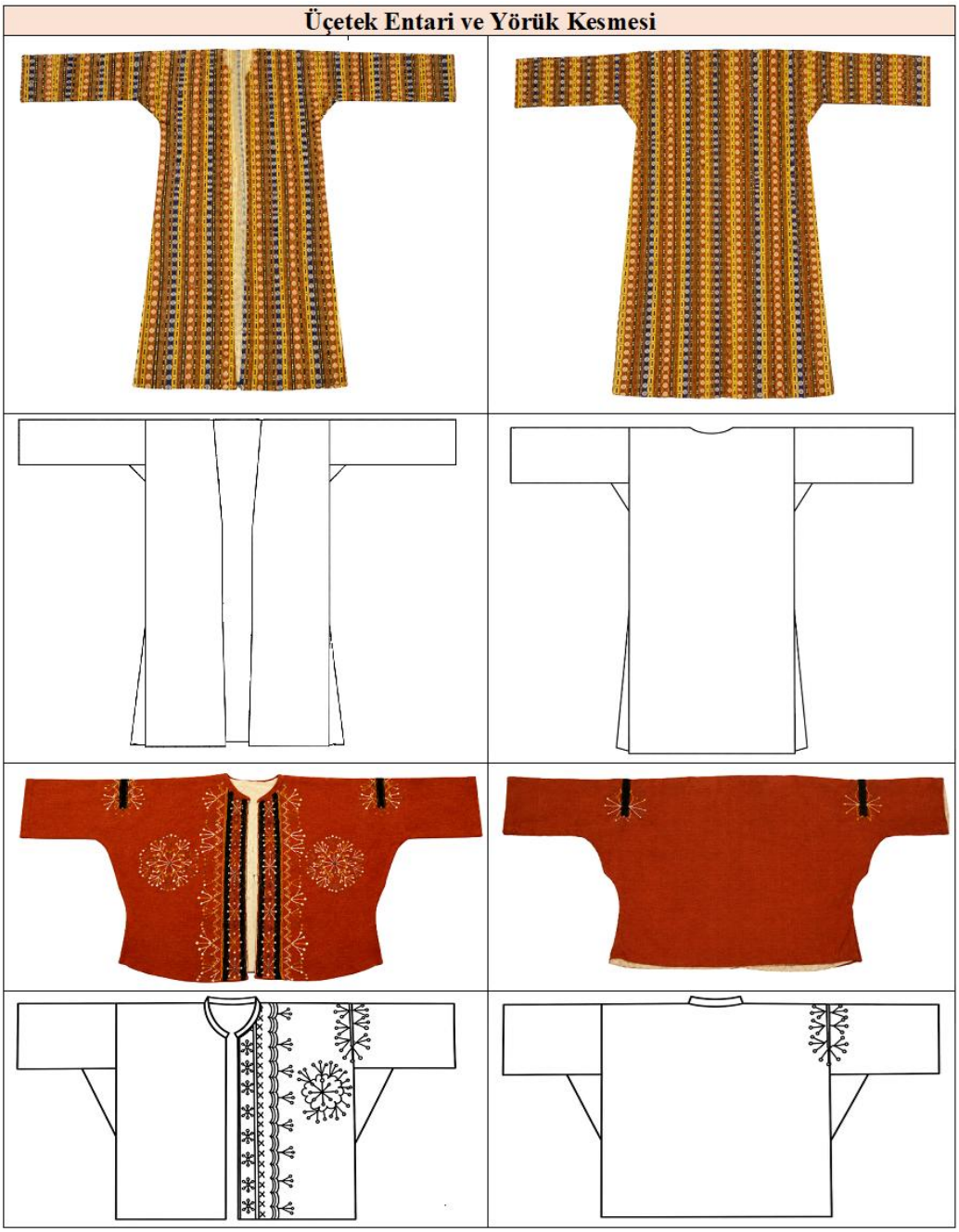
altın ve taşlarla hazırlanan gelin başı süslemesiyle tamamlanarak düğünde gelin tarafından giyildiği kaynak kişi (Ümmü Demir) tarafından belirtilmiştir. Ancak, yeni gelin özel gün ve bayramlarda giysileri giymeye devam etmektedir. Görseldeki kadının tüm alnını kaplayarak yanaklara sarkan baş paralı süslemelerin yoğunluğu ve giysi parçalarındaki süslemelerin yarattığı çağrışım, ekonomik durumu iyi bir yeni gelin anlamını taşımaktadır.

Doğanalan yörük kadın giyiminde ise üstlük kullanılmadığı ve giysi parçalarının oldukça sade bir görünümü olduğu görülmektedir. Baş süslemesinde de tek tarafta zarif bir yanaklık sarkmaktadır. Yörede orta yaşın üzerindeki kadınların çok fazla süslemeli ve pullu üstlükler kullanmadıkları, koruma amaçlı yörük kesmesi üstlüklerin ise işlemesiz ve oldukça sade oldukları belirtilmektedir. Ancak pullu örtü ve başbağından hiçbir yaşta vazgeçilmediğini de söylemek mümkündür. Bu kullanımın daha önce bahsedilen kırmızı rengin ve baş bağlama biçiminin ayırt edici özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Süsleme özelliklerinin giysilerin kullanım alanını belirleyici özelliği körekem kadın giysilerinde açıkça görülmektedir.



Resim 6. Körekem Göynek ve Yörük Donu Biçimsel Çizimleri

Resim 6'daki göyneğin düzal kumaşı, kırmızı rengi ve kesim özellikleri, diğer köylerdeki yörük kadın göyneğiyle aynı olmasına rağmen, etek ucundaki simli iplikle işlenmiş stilize bitkisel motifleri ve saçakları kullanıcısının gelin olduğunu vurgulamaktadır. Yörük donu kumaşının yine kırmızı renkte ve desenli olması da bu vurguyu güçlendiren bir uygulama olarak görülmektedir.



Resim 7. Körekem Üçetek Entari ve Yörük Kesmesi Biçimsel Çizimleri

Resim 7'deki Körekem köyü yörük kadınının giydiği üçetek entarinin, diğerleri gibi boydan açık, uç uca kapamalı, yaka ve kol formu aynı olmasına rağmen, beden üzerinde herhengi bir peş parçası bulunmamaktadır. Peşler giysilerin beden genişliğini, özellikle etek ucunun evaze formunu sağlayan ek parçalardır. Yürüyüş ya da hareket esnasında, yan yıtmaçlarla birlikte hareket serbestisi sağlayarak içe giyilen giysilerin de çok fazla görünmemesini de sağlamaktadır. Bu üçetekte peşlerin olmaması ile ön orta açıklığından göyneğin işlemelerinin daha çok görünürlüğünün sağlandığı dikkate alındığında, giysilerin kesim özelliklerinin kullanım alanlarını da belirleyebileceği sonucu çıkarılabilir. Ancak entarinin bu kullanım

işlevinin beden üzerine giyilmeden anlaşılması oldukça zordur. Koç ve Koca'nın (2011:12) belirttiği gibi *"bir giysinin gerçek biçimi ancak beden üzerinde ve giysilerin diğer parçaları ile birlikte giyildiğinde ortaya çıkmaktadır*".

Resim 7'deki yörük kesmesi ise kırmızı rengi, ön beden ve kol üstü işlemeleriyle ayırt edici bir üstlüktür. İçi ham renginde pamuklu bez ile astarlı olan giysinin, ön ortası ve kollarının üzerinde stilize çiçek motifleri, zincir iğnesi tekniği kullanılarak sarı ibrişim ile işlenmiştir. Çiçeklerin belirli yerlerinde kullanılan altın renginde pulların pırıltılı görünümü üstlüğün görsel etkisini artırmıştır. Bu da üstlüğe gelin giysisi olma niteliği sağlayarak, kullanım alanının belirleyicisi olduğu şeklinde de düşünülebilir.



Resim 8. Körekem Yörük Kadın Giyimi Donanım Unsurları

Resim 8'deki Körekem yörük kadın giyiminin donanım unsurlarının diğer köylerin kullandıkları ile aynı olduğu görülmektedir. Pullu örtünün renginin siyah olması ve motif işlemelerinin köşelere ve ortaya konumlandırılarak, tüm yüzeyi kaplamaması önemli bir farklılıktır. Özellikle kırmızı rengin önemli bir sembolik unsur olarak yaygın kullanıldığı yörük kadın giyiminde, siyah renk dikkat çekici bir ayrıntı olsa da baş bağındaki kırmızı renk hiç bir zaman değişmemektedir.

Üç yörük köyünün kadın giyim kuşamlarının benzerlikleri ve farklılıklarının sosyal konum ve kullanım alanı belirleyicisi işlevi gördükleri ve bunun da giysilerin kesim, renk, süsleme ve kullanım biçimleri ile sağlandığı görülmektedir. Ayrıca Türk giyinme kültürünün iki karakteristik özelliği olan katlı giyim ve düz kesim özelliklerinin yörük kadın giyimin de de temel özellikler olduğu gözlenmektedir. Bu bağlamda, Türk giyinme kültürünün pek çok özelliğini barındıran yörük kadın giysilerinin kültür tarihimiz açısından önemli maddi göstergeler olduğunu söylemek mümkündür. Sağ'ın (2020:91), geleneksel kıyafetinden

çarığına varıncaya kadar genelde yörük kültürünün varlıkları, Türk kültürünün varsıllarıdır" açıklaması da bu söylemi destekler niteliktedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç

Bursa İli Mustafa Kemal Paşa İlçesi Yörük kadın giyim kuşamının biçimsel özelliklerinin incelenmesi ve giysilerin sosyal konum ve kullanım alanlarının belirleyicisi rolünü üstlenen özelliklerin belirlenmesinin amaçlandığı, alan araştırmasına (1998) dayalı betimsel çalışmada; çok düşük nüfuslarına rağmen, Kocakoru, Körekem ve Doğanalan yörük köylerinde yörük gelenekleri ve dayanışma kültürünün korunmaya çalışıldığı görülmüştür. Köylerde ulaşılan 5 adet orijinal yörük kadın giyim kuşamı ve giysi parçaları incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Araştırma kapsamındaki üç köyün yörük kadın giyim kuşamının aynı biçimsel özelliklere sahip giysi parçaları ve donanım unsurlarından oluştuğu ve küçük detaylarda farklılıklar gösterdikleri,
- Giysilerin süsleme özellikleri ve kuşanma biçimlerinin sosyal konum ve giysi kullanım alanlarının belirteci işlevi gördükleri,
- Giysilerin kesim özelliklerinin kullanım bağlamında önemli rolü olduğu,
- Kırmızı rengin yörük kadınının ayırtedici bir unsuru ve vazgeçilmez rengi olduğu,
- Yörük kadın giysilerinin Türk giyinme kültürünün iki karakteristik özelliği olan katlı giyim ve düz kesim özelliklerini taşıdığı belirlenmiştir.

Öneriler

Geleneksel giyim kuşamın en önemli özelliği ilgi çekici görüntülerinin çok ötesinde birçok kültürel değeri üzerinde taşıyarak, toplumda oldukça etkin bir iletişim alanı oluşturmalarıdır. Çünkü bireylerin kimlik belirleyici bir göstergesi olan giysiler, toplumun bu göstergeleri okuyarak kişilerin toplum içinde konumlandırmasını sağlamaktadır. Modern dünyanın benimsediği endüstriyel moda ürünlerinde bulunamayacak bu özelliğin, yine modanın etkisiyle yitirilmiş olması geleneksel giysi formlarının belgelenmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ancak giysilerin belgelenmesinin alan sistematiğine sahip uzmanlar tarafından bilimsel yöntemlerle yapılması önem arz etmektedir. Bu bağlamda, yüksek öğretim kurumlarının ilgili programlarında geleneksel giysi formlarının analizine yönelik derslere yer verilmesi önemlidir. Ayrıca, lisansüstü eğitimde öğrencileri bu alanda araştırma yapmaya teşvik edici uygulamalar gerçekleştirilmelidir. Geleneksel giyim kuşam ürünlerinin neredeyse tamamen ortadan kalktığı günümüzde geç kalınmış olsa da yöresel bazda araştırmalarının yaygınlaştırılarak, ülkenin

giyim kuşam kültürünün özgün niteliklerinin belirlenmesi ve kültürel belleğe katkının artırılması önemli görülmektedir.

KAYNAKÇA

Aşkar, F., Kula, M., Ünlü, Ö. B., Göztaş, A., Özdinçer, F. (2024). Geleneksel Yaşamda Sanatsal İfade:Batı Anadolu Kadınlarında Süslenme ve Artistik Dönüşümler. *Eurasian Journal of Music and Dance EJMD*, (24), 50-80.

Balaban, R. (2026). *Kocakoru'dan İzlenimler.* Gazete Mücadele. https://mucadelegazete.com/kocakorudan-izlenimler

Cemiloğlu, M. (2019). *Osman Gazi Dönemi ve Bursa.* İstanbul: Deren Matbaacılık. ISBN 978-975-2406-14-8

Çay, M., A., Öztürk, E. (2019). Karakeçili Aşireti Hakkında Kısa Bir Değerlendirme. *Ulakbilge,* 39 (Ağustos), 535-543. doi: 10.7816/ulakbilge-07-39-04

Ekici, M. (2016). Türk Kültüründe "Al" Renk. *Türk Dünyası İncelemeleri Dergisi/Journal of Turkish World Studies,* 16(2), 103-107.

Ergin, M. (1997). *Dede Korkut Kitabı-I*. Ankara: TDK Yayınları.

Gazete Mücadele (2022). *Binlerce Yörük Geleneklerini Yaşattı.* https://mucadelegazete.com /binlerce-yoruk-geleneklerini-yasatti

Genç, H. (2012). Bozağaç Yaylası Yörükleri. *Bursa: Tarihin İçinde Zamanın Ötesinde.* https://timeoutbursa.blogspot.com/2012/04/bozagac-yaylasi-yorukleri.html

Kahveci, M.(1991). Peştemal Dokumacılığı. *Milli Folklor*, 12(Kış), 43–45.

Kaplanoğlu, R. (2016). *Körekem (Köreken)*. Türkhaber. https://www.turkhaber.com/mobil/wiki/Korekem_Koreken-4046.html

Kaplanoğlu, R. (2016a). *Doğanalan.* Türkhaber. https://www.turkhaber.com/mobil/wiki/Doganalan-3763.html

Karakaya, P. (2018). *Bursa İli Keles İlçesi Geleneksel Kadın Giyim Kuşam Özellikleri.* Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Giyim Endüstrisi ve Giyim Sanatları Anabilim Dalı, Yayımlanmamış Yüksek Lisans tezi.

Koca, E., Koç F. (2020). Halk Giysilerinin Kimlik Belirleyici Bir Özelliği:Benzersizlik Kavramı Üzerine Tespitler. *Orta Asyadan Anadoluya Türk Sanatlarının Dünü Bugünü* (28-41). Konya:Palet Yayınları.

Koca, E., Kumaş, N. (2026). Müzelerde Sergilenen Geleneksel Kadın Giysilerinin Betimlenmesi Üzerine Bir Araştırma: Giresun Müzesi. *8th Internatıonal Black Sea Modern Scıentıfic Research Congress.* 316-328.

Koç, F., Koca, E. (2015). Kütahya'nın Entarili Geleneksel Kadın Giysilerinin Göstergebilimsel Çözümlemesi. *Milli Folklor*, 27(106), 70-87.

Koç F., Koca, E. (2016). Türk Halk Giyiminde Kullanılan Süslemelere Tipolojik Bir Yaklaşım. *İdil Sanat ve Dil Dergisi*, 5(19), 237-262

Koç, F., Koca, E. (2011). The Clothing Cul-ture of the Turks, and the Entari (Part 1:History). *Folk Life: Journal of Ethnological Studies* 49, 2011:10-29.

Koç F., Duman, N.,N.(2023). Bilecik İli Pazaryeri İlçesi Günyurdu Köyü Yörüklerinin Giyim ve Kuşam Kültürü. *Güzel Sanatlar Alanında Uluslararası Araştırma ve Değerlendirmeler* içinde (Bölüm 11,193-219). Edt. Denız B. Ç. Kılıç, Mahpeyker Yönsel. Ankara: Serüven Yayınevi.

Lodos Haber (2022). *Bursa Mustafakemalpaşa'da Yörük Şöleni Heyecanı*. https://www.lodoshaber.com/bursa/bursa-mustafakemalpasa-da-yoruk-soleni-heyecani- 461015

Sağ, M.(2020). Gelenekten Modernizme Yörük Kültürü'nün Varlıkları ve İfade Biçimleri Üzerine Düşünceler. *Yörük Araştırmaları I (*89-92), Edt: Fatih Uslu. Konya: Palet Yayınları. ISBN: 978-625-7057-85-1

Sümer, F. (2001) Karakeçili. *Diyanet İslam Ansiklopedisi*. 24. 427-428.

Sümer, F. (1967) *Oğuzlar.* Ankara: Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Yayınları -170

Wilson, E. (2003) *Adorned in Dreams: Fashion and Modernity.*New Jersey: Rutgers University Press.

LEARNING NEW WORDS FROM CONTEXT: EXPLORING INCIDENTAL VOCABULARY ACQUISITION THROUGH READING

Bessma Hamama
Doctorate Student at Ibn Tofail University Casablanca, Morocco
Orchid : https://orcid.org/0009-0002-7572-2019
Bessma.hamama@uit.ac.ma
Samia Moustaghfir
Professor at the Faculty of Dental Medicine Hassan II in Casablanca, Morocco
orcid.org/0009-0000-7673-8413
samia.moustaghfir@uit.ac.ma
Abdessallam khamouja
Professor at Abdelmalek Essaâdi University Al Hoceima, Morocco
https://orcid.org/0000-0002-2106-827X
abdessallam.khamouja@uit.ac.ma
Sakina El Khattabi
Doctorate student, Arts and Pedagogical Engineering Research Laboratory, Faculty of Languages, Letters and Arts, Ibn Tofail University, Kenitra, Morocco
orcid.org/0009-0009-9939-8584
Sakina.elkhattabi@uit.ac.ma

Abstract

Learning new vocabulary does not always happen through direct teaching or memorization. Learners often come across unfamiliar words while reading and gradually understand their meanings from the surrounding context. This study explores incidental vocabulary learning through reading, with particular attention to how context, repeated exposure, and overall comprehension can support the learning of new words. It also considers the challenges learners may face when trying to guess meanings from context, especially when the text contains too many unfamiliar words or provides limited clues. The study highlights the value of using meaningful and level-appropriate reading materials that allow learners to meet new vocabulary naturally and repeatedly. By creating more opportunities for learners to notice and understand words in context, reading can become an effective way to strengthen vocabulary knowledge without relying only on explicit instruction. The discussion offers practical implications for EFL teachers who want to integrate vocabulary development more naturally into reading activities.

Keywords: incidental vocabulary learning, reading, context, vocabulary acquisition, EFL learners

DERSLİKLERDE KULLANICI BEKLENTİLERİNİ TEMEL ALAN OPTİMİZASYON METODOLOJİSİ

İrem DERELİ
Balikesir University, Institute of Science, Department of Atchitecture, Msc Programme, 10100, Altıeylül, Balıkesir.
ORCID ID:
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Serhan ÜNLÜTÜRK
Balikesir University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, 10100, Altıeylül, Balıkesir
ORCID ID: 0000-0001-8368-4169

ÖZET

Eğitim yapıları öğrencilerin günün büyük bölümünü geçirdikleri yapılardır. Öğrenme sürecinin yürütüldüğü derslikler kullanıcı konforunu etkilediği gibi öğrencilerin akademik performansını da etkileyebilmektedir. Bu sebeple bu mekanların tasarlanma aşamasında bina performans simülasyonlarının önemi yadsınamaz. Ancak mimari tasarım aşamasında mekan kullanıcılarının beklentilerine uygun kararlar alınmalıdır. Ayrıca özellikle farklı disiplinlerde akademik eğitim alan üniversite öğrencilerinin derslik mekanlarından ısıl ve görsel performans beklentileri farklılık gösterebilmektedir. Çalışma bu kapsamda mimarlık öğrencilerinin uygulamalı derslerin işlendiği dersliklerden fiziksel konfor beklentilerini temel alan optimizasyon çerçevesi geliştirmeyi hedeflemektedir. Çalışmada bu amaçla eğitim yapılarında iç mekan gün ışığı ve ısıl performans konularında kapsamlı literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Literatür taramasından elde edilen iç mekan görsel ve ısıl konfor beklentilerine uygun bir şekilde veri toplama aracı (anket) geliştirilmiştir. Bu anket Balıkesir Üniversitesi Mimarlık Fakültesi öğrencilerinden gönüllülük esasına dayanarak seçilmiş güney yönelimli A203 dersliğinde öğrenim görmüş 17 öğrenciye uygulanmış ve iç mekan görsel, ısıl konfor beklentileri belirlenmiştir. Çalışmanın üçüncü aşamasında ise mimarlık bölümü öğrencilerinin beklentilerine uygun bir şekilde optimizasyon çerçevesinin belirlenmesidir. Çalışmada anket sonucuna göre iç mekan performans hedefleri ve tasarım parametreleri belirlenmiştir. Çalışma gün ışığı ve ısıl performans modelini Python üzerinden kodlama tabanlı oluşturmuş ve makine öğrenmesi tabanlı vekil modeller ile optimizasyon sürecini yürütmüştür Çalışma optimizasyon sürecine kullanıcı beklentilerini de katarak önemli bir noktaya dikkati çekmiştir.

Anahtar kelimeler: Gün ışığı, Isıl performans, simülasyon, makine öğrenmesi, optimizasyon.

AN OPTIMIZATION METHODOLOGY FOR CLASSROOMS BASED ON USER EXPECTATIONS

ABSTRACT

Educational facilities are spaces where students spend the majority of their day. Classrooms, as the primary settings for learning, influence not only user comfort but also students' academic

performance. Consequently, the importance of building performance simulations during the design phase of these spaces cannot be overstated. It is essential that design decisions align with the expectations of the occupants. Furthermore, university students pursuing different academic disciplines may have varying expectations regarding the thermal and visual performance of their classrooms. In this context, this study aims to develop an optimisation framework based on the physical comfort expectations of architecture students within the classrooms where they attend practical courses. To this end, a comprehensive literature review on indoor daylighting and thermal performance in educational buildings was conducted. Based on the findings of this literature review, a data-collection instrument (a survey) was developed to assess expectations for indoor visual and thermal comfort. This questionnaire was administered to 17 students from the Faculty of Architecture at Balıkesir University who had studied in a south-facing classroom (A203) to identify their specific visual and thermal comfort requirements. The third phase of the study involved establishing an optimisation framework tailored to the expectations of these architecture students. Indoor performance targets and design parameters were defined based on the survey results. The study developed a daylighting and thermal performance model using Python and executed the optimisation process via machine-learning-based surrogate models. By incorporating user expectations into the optimisation process, this study highlights a significant aspect of architectural design.

Keywords: Daylight, thermal performance, simulation, machine learning, optimisation.

1. INTRODUCTION

In educational facilities that are actively used for a significant portion of the day, indoor environmental quality is crucial for students' academic performance and the physical and mental well-being of all users [1]. As with other types of spaces, indoor daylight performance, visual comfort, and thermal comfort are fundamental elements in the architectural design process for classrooms [2]. Therefore, in classrooms where instructional activities take place, it is important not only to ensure a high-performing physical environment but also to evaluate students' expectations of the space and incorporate them as design inputs. Furthermore, in universities where academic education is provided, it is expected that students' physical expectations of classrooms will vary with the specific requirements of the discipline in which they are specialising.

In the literature, the physical environmental conditions of educational facilities and their relationship to learning processes have been evaluated from various perspectives. Investigating the impact of physical design features on students' learning performance in primary school

settings, Barrett's study reveals that the spatial characteristics of a classroom are linked to academic performance. The study indicates that natural environmental conditions and elements of spatial stimulation are associated with the learning process. The findings underscore the need to develop holistic classroom designs that account for user experiences and the overall learning environment [3].

Studies on thermal comfort improvements in classrooms investigate the relationship between physical environment measurements and users' thermal sensations. Mıhlayanlar recorded the thermal comfort conditions in classrooms at the Trakya University Faculty of Architecture by measuring physical environmental parameters, including indoor air temperature, relative humidity, air velocity, and mean radiant temperature. The results of this study provide approaches for quantitatively determining thermal comfort conditions in higher education facilities [4].

In their study, Calis et al. conducted a case study at an educational facility in İzmir, using thermal comfort measurements and surveys. The study highlights the significance of this topic by evaluating discrepancies between measured thermal comfort indicators and users' perceived comfort levels. Research focused on assessing user satisfaction in classrooms helps link environmental performance conditions to the user experience [5]. Meanwhile, Adın and Yağmur investigated the physical comfort conditions of classrooms in higher education institutions in relation to student satisfaction. Their study addressed components of indoor environmental quality—such as visual, thermal, and acoustic comfort—using user evaluations. In addition to determining the existing physical conditions of the classrooms, the study emphasises that user satisfaction levels play an influential role in design decision-making. In this context, user satisfaction surveys facilitate the correlation of quantitative environmental data with subjective assessments [6].

Ozluk et al. investigated students' perceptions of thermal comfort in classrooms with different ventilation strategies in the post-COVID-19 era. The study examined the relationship between environmental conditions and occupants' thermal sensations. It highlights the importance of considering various ventilation strategies in educational facilities alongside users' thermal comfort assessments. In this context, survey data aimed at identifying users' thermal perceptions and expectations are considered valuable for evaluating existing environmental conditions and defining performance targets that align with user expectations [7].

Daylight performance in classrooms is a key factor in determining the physical environmental quality of educational facilities and is directly linked to architectural design decisions. Ünlütürk

and Özlük examined the control of daylight through natural elements in a classroom located within a higher education facility in Balıkesir. The study evaluated the effects of façade orientation and the vegetation surrounding the building on the natural lighting conditions of the classrooms. Findings from illuminance measurements taken in classrooms with different orientations demonstrate that natural elements can influence the distribution of daylight within interior spaces. The results suggest that the interior daylight performance of classrooms should be considered not only in relation to design decisions concerning the building envelope but also in conjunction with the physical and natural components of the immediate surroundings [8].

Mahgoub et al. (2026) addressed the relationship between visual comfort and user expectations. Their study examined the relationships among classroom daylight conditions, architectural design features, and user preferences using a multifactorial analysis. The findings indicate that visual comfort depends not only on physical lighting levels but also on users' spatial perceptions and preferences. This approach supports the view that evaluating daylight performance in classrooms requires examining quantitative lighting metrics alongside users' subjective assessments. Consequently, the assessment of visual comfort in classrooms is based not merely on established standards, but also on the experiences of the students who use these spaces [9].

An examination of the existing literature reveals that daylighting and thermal comfort in classrooms have been investigated using physical measurements, user surveys, and environmental performance assessments. Furthermore, an evaluation of these studies suggests that design decisions concerning the physical performance of classrooms require the simultaneous consideration of multiple environmental variables. Transparent surfaces that allow daylight to enter interior spaces influence natural lighting conditions and play a decisive role in thermal gains from solar radiation. Consequently, evaluating daylighting and thermal performance objectives independently may lead to a situation in which improving one performance component negatively impacts the other. Multi-objective optimisation methods facilitate the integrated assessment of interrelated performance indicators and enable exploration of relationships among various design alternatives.

On the other hand, identifying users' visual and thermal comfort expectations in classrooms—and translating these expectations into quantitative optimisation goals—is crucial for linking physical performance assessment to user-centred design decisions. In particular, the diverse activities conducted during applied courses in architecture can give rise to specific visual and thermal requirements for these spaces. In this context, it is important to evaluate students'

physical comfort in classrooms and to develop design alternatives that address these user expectations.

This study aims to design architecture students' classrooms in line with user expectations. In this context, the south-facing A203 classroom at the Balıkesir University Faculty of Architecture was selected as the subject for a case study. In the first phase, a questionnaire—developed specifically for this research—was administered to 17 students who attend classes in this room to determine which design parameters to balance. The study employed various machine learning algorithms to construct surrogate models and utilised the algorithm that demonstrated the highest predictive performance to achieve design improvements.

2. MATERIAL AND METHODS

This study proposes a multi-layered methodology to develop a user-centred framework for classroom design, with a focus on students' priorities in the field of architecture. The Faculty of Architecture at Balıkesir University was selected as the case study site. To identify students' expectations regarding indoor daylight performance, as well as visual and thermal comfort, a data-collection instrument (a questionnaire) was developed, drawing on findings from the existing literature. This questionnaire was administered to a randomly selected sample of students who use classroom A203, thereby establishing their expectations for their learning environments.

The study developed a Machine Learning-Based Optimisation framework tailored to students' expectations. This component of the study involves simulating the current daylight and thermal conditions of the classrooms. Leveraging a Python-based infrastructure, the classrooms were modelled parametrically. Daylight and visual performance were simulated using Python-integrated DAYSIM, while thermal performance was assessed via the EnergyPlus engine. In defining the objective functions for the optimisation process, the study took into account the expectations of students from the Department of Architecture. To reduce the computational cost of the optimisation, two distinct machine learning methods were employed to develop surrogate models for each classroom. The optimisation process was then executed using the surrogate model that demonstrated the highest predictive performance. The study interpreted the optimal solutions via a Pareto front and identified the best-fit solution using the TOPSIS method. Figure 1 illustrates the workflow of the study.

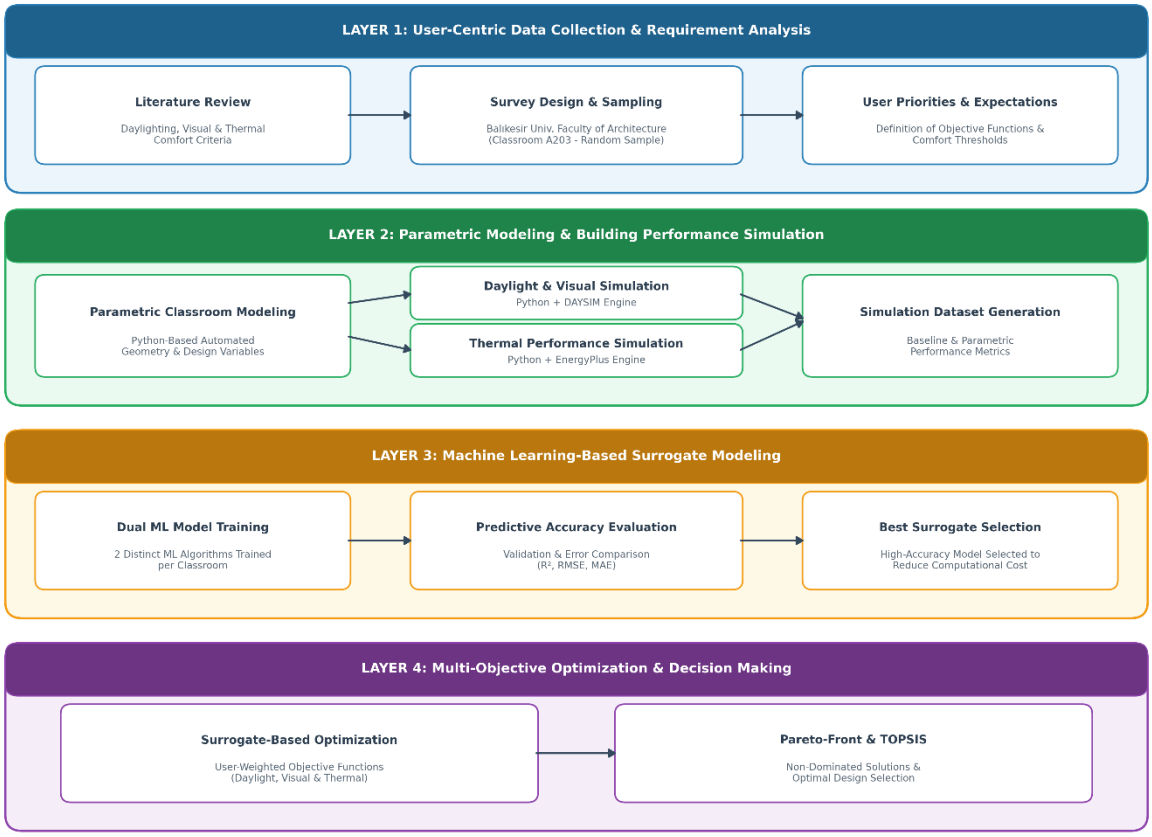


Figure 1. Workflow of the study.

2.1. Climate Data and Case Building

This study focuses on the province of Balıkesir, located between the Marmara and Aegean regions. While the coastal areas of the province exhibit Mediterranean-like characteristics, the inland areas display more continental features [10]. These climatic variations make it essential to address the often-conflicting requirements for daylighting and thermal performance in classroom environments in the region. Based on long-term climatic data for the inland parts of Balıkesir, July is the hottest month, with an average monthly temperature of 25.8°C, while January is the coldest, with an average temperature of 9.4°C [11].

The study focuses on the Faculty of Architecture at Balıkesir University. The faculty in question is located on the Çağış Campus. The classroom within the Faculty of Architecture measures 7.00 m by 15.70 m. Figure 2 presents the floor plan of the classroom.

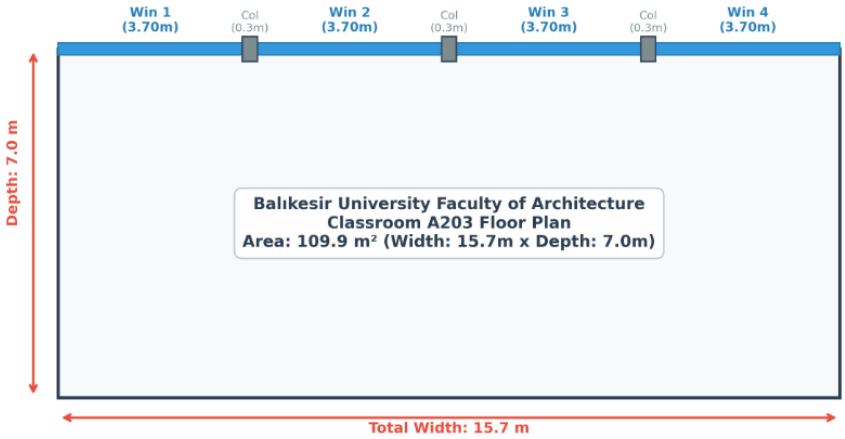


Figure 2. Floor plan of the classroom.

2.2. Survey Process

This study, by examining findings from previous research on daylight and thermal performance in classrooms, has developed a data-collection instrument—a survey—designed to capture the experiences and perspectives of classroom users regarding their learning environments. Table 1 presents the questionnaire items alongside the relevant literature.

Table 1. Survey questions.

		1	2	3	4	5
ASSESSMENTS RELATED TO DAYLIGHT PERFORMANCE						
1	The level of natural light in the classroom is sufficient for the learning process and daily use.					
2	I believe that the natural light in the classroom positively impacts my academic performance.					
3	The distribution of natural light within the classroom is balanced.					
4	The size of the windows in the classroom is sufficient to create a sense of openness.					
5	The classroom is designed to accommodate the changes in daylight throughout the day.					
6	The amount of daylight in the classroom does not reach a level that causes discomfort during the day.					
7	A balanced relationship has been established between the ability to see outside and student attention.					
8	Necessary measures have been taken to limit excessive daylight.					
ASSESSMENTS RELATED TO THERMAL PERFORMANCE						
1	The classroom temperature provides a physically comfortable environment for learning.					
2	The temperature in the space does not adversely affect students' listening and learning.					
3	There is a balanced sense of comfort between access to natural light and the temperature.					
4	The space is adequately heated during the winter months.					
5	The temperature of the space affects the learning process.					
6	The sensation of heat or cold radiating from window surfaces affects my comfort.					
7	I feel the need to open or close the windows because of the classroom temperature.					
8	The classroom's thermal conditions affect my attention and study efficiency during the lesson.					

2.3. Performance Simulations

This study presents a parametric model of classroom A203 in the Faculty of Architecture, developed using Python-based coding. The parameters that require balancing to improve interior performance were identified through a survey; Table 3 presents these design parameters. Building performance simulations were conducted using Python scripts applied to the parametric model generated within the Python environment.

In this study, daylight simulations were conducted using DAYSIM. For the classroom under consideration, a work plane was established at a height of 80 cm above the floor; this plane was divided into a grid with 60x60 cm spacing and positioned at equal distances from the walls along the x and y axes. Based on the daylight simulations performed, DAYSIM generated values for Daylight Autonomy (DA), Useful Daylight Illuminance (UDI), and Annual Sunlight Exposure (ASE), with the objective of improving these performance metrics throughout the optimisation process.

In this study, indoor thermal performance simulations were conducted using the EnergyPlus Python script. The envelope characteristics of the classroom structure were incorporated into the model to accurately reflect actual conditions. EnergyPlus simulated the classroom's indoor thermal performance over a one-year period, yielding PMV (Predicted Mean Vote) and PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) values. The optimisation process aimed to improve these performance outputs.

In this study, a cross-validation process was conducted to verify the daylighting and thermal performance simulations [12]. This process is based on comparing the daylighting and thermal performance simulation results with those obtained using different performance simulation software. To establish the reliability of the daylighting simulation results generated by DAYSIM—using a model developed in Python—additional daylighting simulations were performed with Radiance. To calibrate the thermal performance model, the Python-based model was simulated in TRNSYS as part of the cross-validation process. During this cross-validation, error metrics—specifically R^2, MBE, and CV(RMSE)—were calculated to demonstrate compliance with ASHRAE 14.

2.4. Machine Learning-Based Multi-Objective Optimization

In this study, surrogate models were developed using CatBoost and Support Vector Regression (SVR) to reduce the computational cost of optimisations. The predictive performance of these surrogate models was calculated for each performance indicator. The optimisation algorithm utilised the surrogate model that demonstrated the highest predictive performance. The design

parameters to be balanced were determined based on a weight analysis of the survey questions presented in Table 1, with their relationships to these questions outlined in Table 2. Table 3 presents the balanced design parameters. Multi-Objective Particle Swarm Optimization (MOPSO) implemented Pareto-based multi-objective optimization.

Table 2. Performance indicators and design parameters associated with survey questions.

Question	Performance Metric to Which It Is Directly Related	Associated Design Parameters
Q1	Access to daylight DA, UDI	Window-to-wall ratio Glass specifications
Q2	Daylight access and visual comfort DA, UDI & ASE	Window/wall ratio Glass properties Facade configuration
Q3	Useful Daylight UDI	Window/wall ratio Facade configuration
Q4	-	Window/wall ratio
Q5	Daylight balance throughout the day ASE, UDI	Facade configuration
Q6	Visual comfort ASE	Glass properties Facade configuration
Q7	-	Window/wall ratio
Q8	Visual comfort ASE	Facade configuration
Q9	PMV, PPD	Space between the panes of glass
Q10	PMV, PPD	Window-to-wall ratio, glass properties, insulation thickness
Q11	PMV, PPD DA/ASE	Window-to-wall ratio, glass properties, insulation thickness
Q12	Heating load	Window-to-wall ratio, glazing properties, inter-pane gap
Q13	PMV, PPD	Insulation thickness Space between glass panes
Q14		
Q15		Glass specifications Space between glass panes
Q16	PMV	Window opening ratio

Table 3. Balanced design parameters.

Parameter Symbol	Parameter Name	Description	Range (Limits)	Unit	Type
X_1	WWR (Window-to-Wall Ratio)	Ratio of window area to total exterior wall area	[0.30 – 0.80]	Boyutsuz (Oran)	Sürekli (Continuous)
X_2	Window Opening Ratio	Ratio of openable window surface area for ventilation	[0.10 – 0.90]	Boyutsuz (Oran)	Sürekli (Continuous)
X_3	Glass T-Value (Transmittance)	Light/solar energy transmittance of the glazing system	[0.10 – 0.90]	Boyutsuz	Sürekli (Continuous)

X_4	Gap Between Double-Glazing Panes	Width of the air/gas gap between double-glazing units	[0.01 – 0.05]	Metre (m)	Sürekli (Continuous)
X_5	Insulation Thickness	Thickness of the exterior wall thermal insulation layer	[0.02 – 0.40]	Metre (m)	Sürekli (Continuous)
X_6	Facade Configuration	1: None, 2: Horizontal Shading Element, 3: Vertical Shading Element, 4: Rectangular Modules	[1 – 4]	Kategorik (Tam Sayı)	Kesikli (Discrete)

3. FINDINGS

3.1. Survey Results

In the study, the questionnaire developed was primarily administered to 17 architecture students. The data collected from the questionnaire were evaluated using statistical methods. In the first stage of the evaluation, a reliability analysis was conducted. The results of this analysis indicate that the questionnaire possesses a very high level of internal consistency (Cronbach's Alpha = 0.9521). Furthermore, the 95% confidence interval—showing both the lower and upper limits—confirms that the calculated Cronbach's Alpha value is reliable (Table 3).

Table 3. Reliability analysis results.

İstatistik	**Değer**
Cronbach's Alpha (α)	**0.9521**
Lower Bound of 95% Confidence Interval	**0.912**
Upper Bound of 95% Confidence Interval	**0.979**

In the second stage of the statistical evaluation, a correlation analysis was conducted. Figure 3 presents the results of the correlation matrix. An examination of the matrix reveals positive correlations, indicating that responses to the questions follow similar trends. The matrix shows strong positive correlations among Questions 6–7, 6–5, and 15–16.

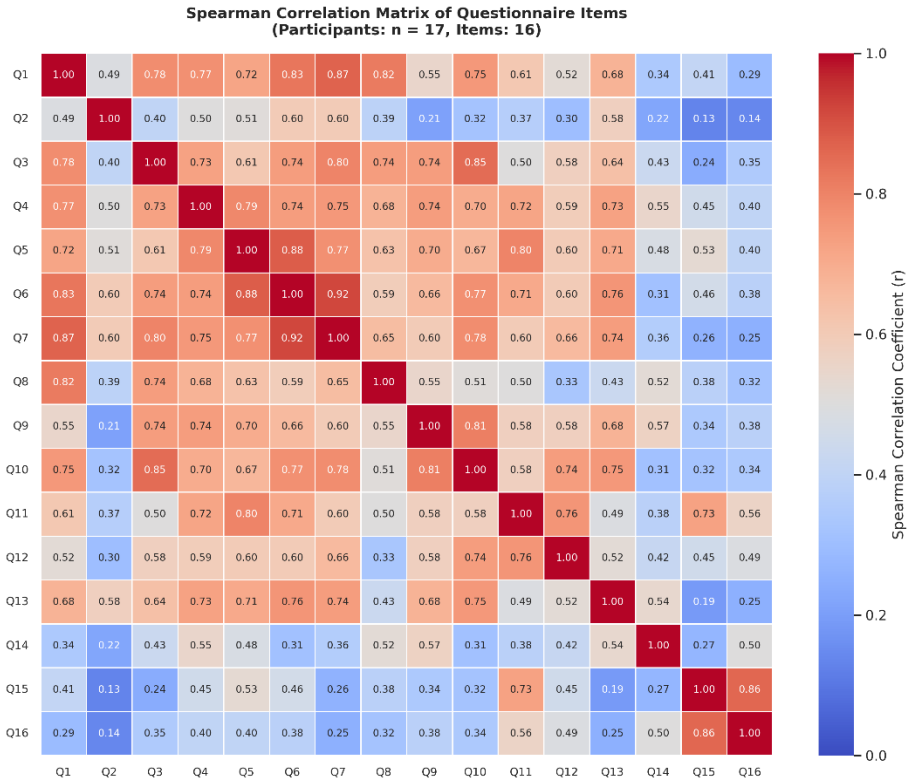


Figure 3. Correlation matrix.

During the statistical evaluation process, descriptive statistics were generated for the questionnaire, which was designed using a five-point Likert scale (Table 4). According to the table, the mean scores for the questions ranged from 2.76 to 3.71, with participants generally providing responses at a moderate level. In the statistical analysis, the Friedman test was applied to obtain the chi-square and p-values. The chi-square statistic was 17.4044, and the p-value was 0.2953. Since the p-value is greater than 0.05, there is no significant difference among the 16 questions in the questionnaire.

Table 4. Descriptive statistics.

Question	Mean	Median	Standard Deviation	Minimum	Maximum
Q1	**3.29**	**3.00**	**1.31**	**1**	**5**
Q2	**3.71**	**4.00**	**1.05**	**1**	**5**
Q3	**3.12**	**3.00**	**1.27**	**1**	**5**
Q4	**3.41**	**4.00**	**1.28**	**1**	**5**
Q5	**3.18**	**3.00**	**1.24**	**1**	**5**
Q6	**3.24**	**4.00**	**1.30**	**1**	**5**
Q7	**3.24**	**3.00**	**1.35**	**1**	**5**
Q8	**3.47**	**4.00**	**1.18**	**1**	**5**
Q9	**3.24**	**3.00**	**1.35**	**1**	**5**
Q10	**3.12**	**3.00**	**1.36**	**1**	**5**
Q11	**2.88**	**3.00**	**1.27**	**1**	**5**
Q12	**2.76**	**3.00**	**1.39**	**1**	**5**
Q13	**2.94**	**3.00**	**1.68**	**1**	**5**

Q14	**3.59**	**4.00**	**1.33**	**1**	**5**
Q15	**3.24**	**3.00**	**1.44**	**1**	**5**
Q16	**3.12**	**3.00**	**1.17**	**1**	**5**

Figure 4 presents the ranking of the survey questions based on their mean scores. Accordingly, Question 2 received the highest score, followed by Question 14, while Question 12 received the lowest score.

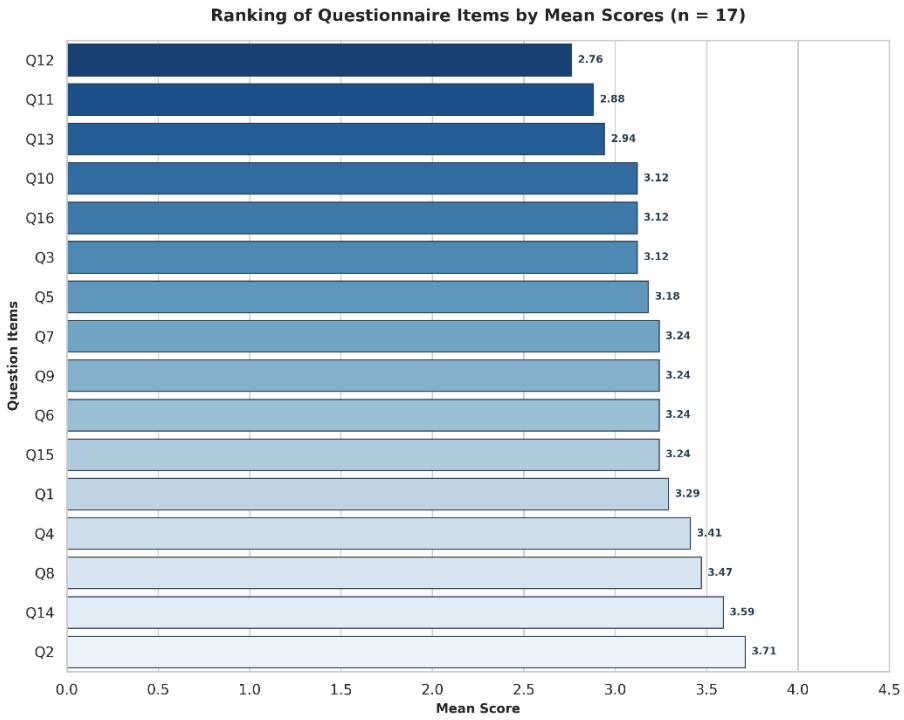


Figure 4. Ranking of survey questions based on their scores.

3.2. Machine Learning-Based Optimization Results

In the study, daylight, thermal, and energy simulations were primarily conducted for the classroom that served as the subject of the field study. Figure 5 presents the results of this performance simulation.

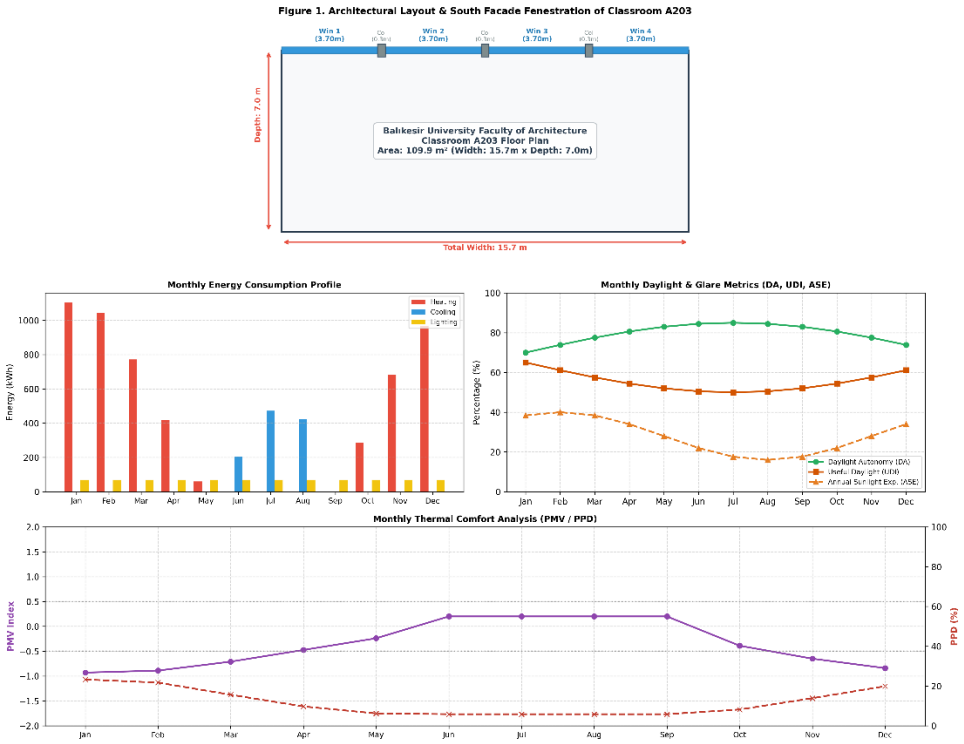


Figure 5. Building performance simulation results.

To identify recommendations that yield optimal performance by balancing the design parameters established in the study, 2000 simulations were conducted using the Latin Hypercube Sampling (LHS) method, and the design parameters, along with the corresponding performance indicator values , were recorded. Of the data obtained, 80% was used for model training, while 20% was reserved for testing. To reduce the computational cost of the optimisation process, surrogate models were developed using CatBoost and Support Vector Regression (SVR) machine learning algorithms; the surrogate model that demonstrated superior predictive performance was then selected for use in the optimisation process. Figure 6 presents the predictive performance of the surrogate model generated by the CatBoost algorithm. As shown in the figure, the R^2 values are 0.9448 for PMV, 0.9295 for PPD, 0.9894 for DA, 0.9758 for ASE, and 0.8480 for UDI.

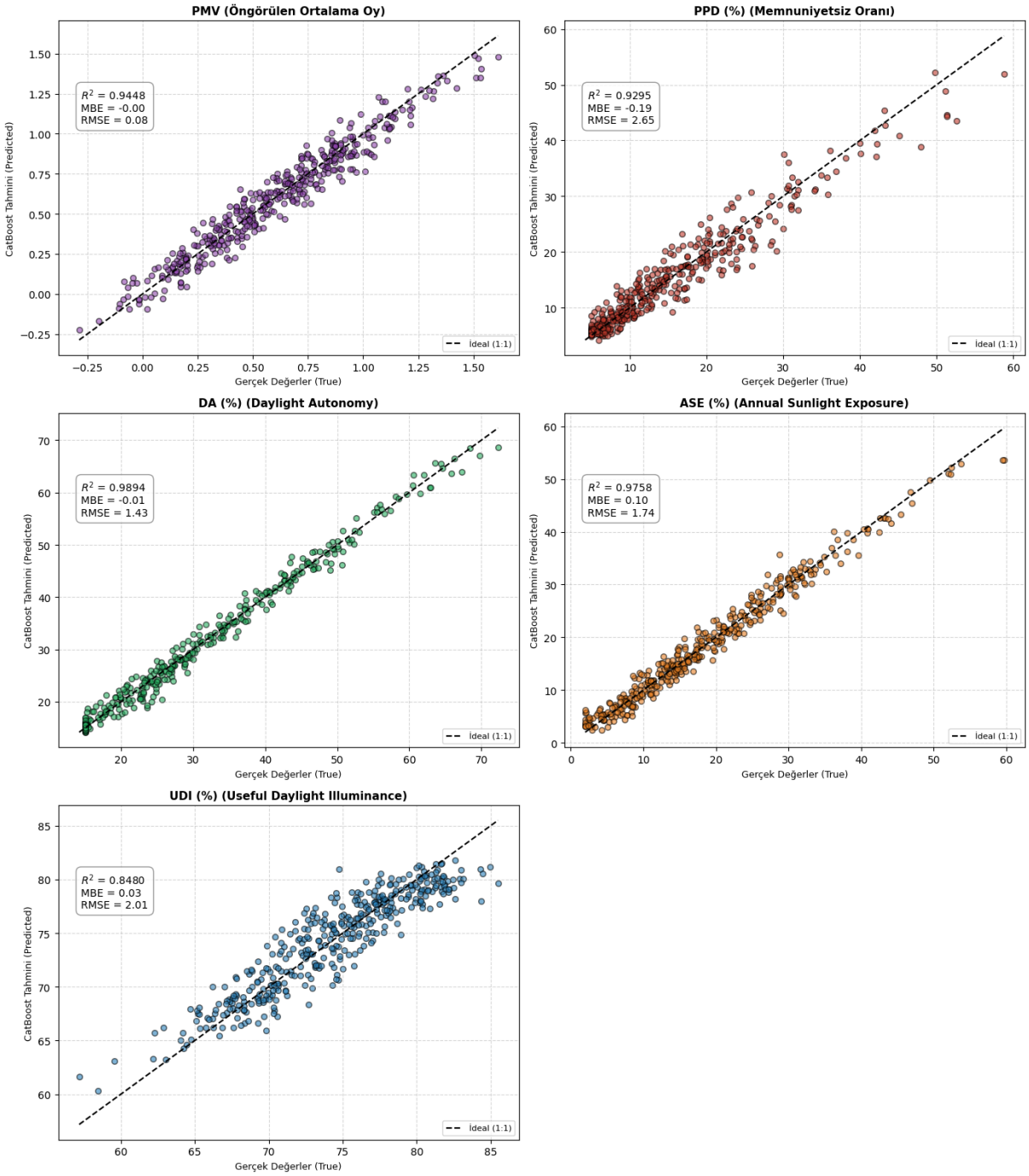


Figure 6. Prediction performance of the surrogate model generated by the CatBoost algorithm.

Figure 7 presents the prediction performance of the surrogate model developed using the SVR algorithm. As shown in the figure, the R^2 values are 0.9308 for PMV, 0.8965 for PPD, 0.9862 for DA, 0.9715 for ASE, and 0.8090 for UDI. When comparing the prediction performance of both algorithms, the surrogate model based on the CatBoost algorithm demonstrated superior performance; therefore, this model was selected for use in the optimisation process.

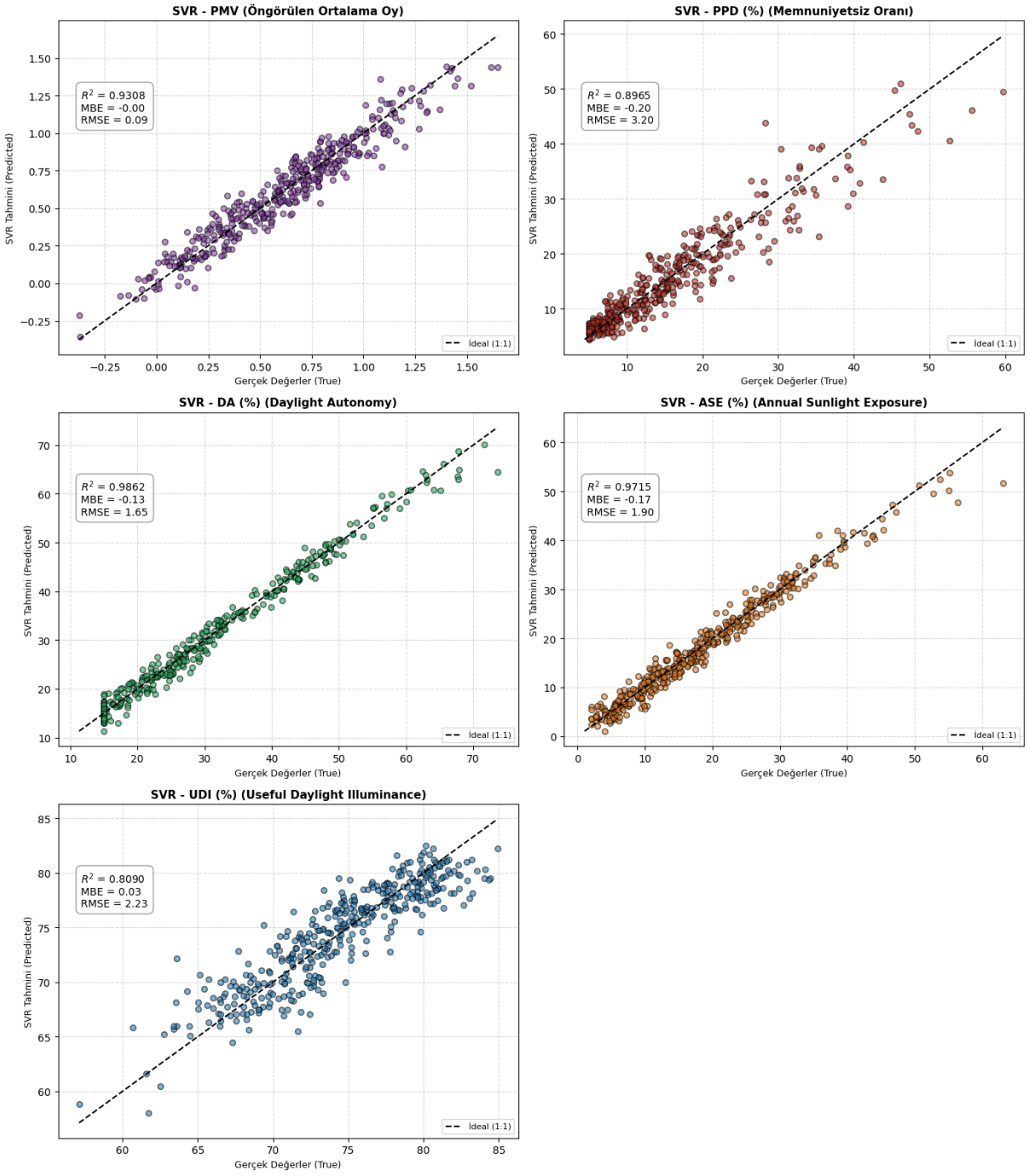


Figure 7. Prediction performance of the surrogate model generated by the SVR algorithm.

In this study, a multi-objective optimisation process based on the Pareto front was conducted using the MOPSO algorithm, with a surrogate model developed via CatBoost. Figure 8 presents the optimisation results obtained by the MOPSO algorithm on the Pareto front.

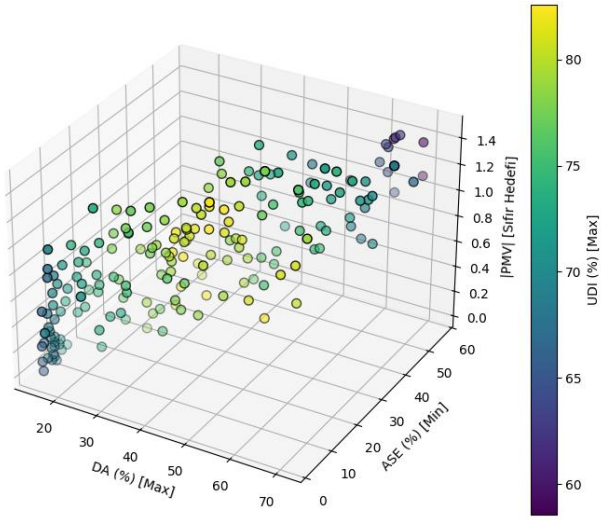


Figure 8. The Pareto front obtained by MOPSO.

Figure 9 presents the parameter values and performance indicators for the top 5 alternatives selected via the TOPSIS method following a multi-objective optimisation process. The alternative that performed best according to the TOPSIS method features a window-to-wall ratio of 30%—a relatively low value—aimed at balancing excessive solar gains; in contrast, the second-ranked alternative proposes a ratio of 80%, reflecting an objective to increase the amount of daylight entering the interior space. The top-performing alternative utilises an insulation thickness of 21 cm, whereas the second-ranked alternative uses 2 cm, suggesting that the latter may be more energy-intensive. Regarding facade configuration, the first-ranked alternative incorporates vertical sun-shading devices, while the second-ranked alternative employs rectangular modular shading elements. The first alternative—characterised by its low window-to-wall ratio and vertical sun-shading—achieved an ASE of 2.58%, a UDI of 66.30%, and a DA of 15%. The second alternative, with its large window openings, yields higher DA and UDI values (59.41% and 78.12%, respectively) but also results in greater visual discomfort (ASE = 29.70%).

An examination of the figure reveals that the first proposal is the closest to the ideal (0), with an absolute PMV value of 0.01 and a PPD value of 5%, indicating minimal dissatisfaction. The second proposal, characterised by a large window opening and a thin insulation layer, exhibits lower thermal comfort performance, with an absolute PMV of 1.17 and a PPD of 33.99%.



Figure 9. Parameter and performance indicators for the top 5 recommendations obtained by MOPSO.

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In classrooms, indoor daylighting and thermal performance affect not only students' comfort conditions but also their academic performance. In this context, the study focuses on classroom A203 at the Faculty of Architecture of Balıkesir University. First, a questionnaire developed for the study was administered to 17 students who attend classes in this room to identify the design parameters to be balanced.

The study generated data by simulating 2,000 design-parameter alternatives using LHS. Surrogate models were developed using both CatBoost and SVR; the CatBoost-based surrogate model was ultimately selected because it demonstrated superior predictive performance across all evaluated metrics compared to the SVR-based model. Subsequently, MOPSO was utilised to optimise daylighting and thermal comfort based on this surrogate model.

The models derived via TOPSIS encompass combinations of both high and low WWR (Window-to-Wall Ratio). In proposals with a high WWR, the ASE is balanced through various facade configurations. Furthermore, thermal performance is ensured by employing thicker insulation. While this study offers original contributions, it also has certain limitations. Although the research addresses optimisation within a multidisciplinary context, it was

conducted exclusively within the field of architecture, which constitutes a limitation. Future studies could extend this process to include academic programs across different disciplines.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was developed within the scope of a Master's thesis conducted in the Institute of Science at the Balikesir University.

This study was conducted with ethical approval granted by the Balıkesir University Ethics Committee for Research in Science and Engineering, as per its decision dated 27.10.2026.

During the preparation of this manuscript, the authors used ChatGPT (GPT-6, OpenAI) solely for English language editing, grammatical corrections, and improvements in clarity and readability. The corresponding author reviewed and edited the output and take full responsibility for the content of this publication.

REFERENCES

[1] O. Toyinbo, "Indoor environmental quality, pupils' health, and academic performance—A literature review," Buildings, vol. 13, no. 9, Art. no. 2172, 2023, doi: 10.3390/buildings13092172.

[2] A. Michael and C. Heracleous, "Assessment of natural lighting performance and visual comfort of educational architecture in Southern Europe: The case of typical educational school premises in Cyprus," Energy and Buildings, vol. 140, pp. 443–457, 2017.

[3] P. Barrett, F. Davies, Y. Zhang, and L. Barrett, "The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis," Building and Environment, vol. 89, pp. 118–133, 2015, doi: 10.1016/j.buildenv.2015.02.013.

[4] E. Mıhlayanlar, S. Kartal, and Ş. Y. Erten, "Yükseköğretim yapılarında ısıl konfor şartlarının araştırılması: Mimarlık Fakültesi örneği," Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, vol. 21, no. 3, pp. 917–927, 2017.

[5] G. Çalış, M. Kuru, and B. Alt, "Bir eğitim binasında ısıl konfor koşullarının analizi: İzmir'de bir alan çalışması," Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, vol. 22, no. 2, pp. 93–106, 2017.

[6] Adın, M. S., & Yağmur, Ş. (2021). Yükseköğretim kurumları dersliklerinde fiziksel konfor koşullarının değerlendirilmesi ve öğrenci memnuniyeti açısından sorgulanması. Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi, 16(62), 157-187.

[7] R. Özlük, T. G. Özbalta, and K. Güngör, "Assessment of student thermal comfort perception of spaces in education building with different ventilation strategies after COVID-19," Journal of Thermal Engineering, vol. 11, no. 3, pp. 623–642, 2025, doi: 10.14744/thermal.0000935.

[8] M. S. Ünlütürk and R. Özlük, "Control of Daylight in Educational Buildings with Natural Elements: The Case of Balikesir", DUBİTED, vol. 14, no. 2, pp. 426–436, Apr. 2026, doi: 10.29130/dubited.1749656.

[9] M. E. Mahgoub, A. Alhumaidi, B. Osman, R. Alshehhi, M. Abu Khadir, and S. AlMahri, "A multi-factor path analysis of visual comfort in classrooms: Integrating daylighting, design, and occupant preferences," Architectural Science Review, vol. 69, no. 3, pp. 344–362, 2026, doi: 10.1080/00038628.2025.2525292.

[10] Balıkesir İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. (2026). İklim. https://balikesir.ktb.gov.tr/TR-65837/iklim.html

[11] Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2026). Balıkesir ili meteorolojik verileri. https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx/1000?m=BALIKESIR

[12] Magni, M., Ochs, F., de Vries, S., Maccarini, A., & Sigg, F. (2021). Detailed cross comparison of building energy simulation tools results using a reference office building as a case study. Energy and Buildings, 250, 111260.

KULLANIM ÖMRÜNÜ TAMAMLAYAN DENİM PANTOLONLARIN İLERİ DÖNÜŞÜMÜ VE SIFIR ATIK ODAKLI KOLEKSİYON TASARIMI

Dr. Öğr. Üyesi Esra OK ZÖHRA
Amasya University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Design, 05100, Amasya
ORCID ID: 0000-0003-2184-3894

ÖZET

Tekstil ve hazır giyim endüstrisindeki doğrusal üretim modeli yüksek su tüketimine, karbon salımına ve tekstil atığı oluşmasına yol açmaktadır. Kullanım ömrünü tamamlamış giysilerin katma değerli ürünlere dönüştürülmesine dayanan ileri dönüşüm, bu soruna yönelik tasarım odaklı çözümler arasında öne çıkmaktadır. Bu çalışmada Amasya Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Moda Tasarımı Programı, Bitirme Projesi dersi kapsamında yürütülen atık denim ileri dönüşüm uygulaması ele alınmaktadır. Çalışmanın amacı farklı yapılardaki atık denim girdisiyle yürütülen koleksiyon geliştirme sürecini yöntem, malzeme kısıtları ve tasarım çıktıları açısından değerlendirmektir. Uygulamada yerel terzilerden ve bölge sakinlerinden temin edilen 20 adet kullanım ömrünü tamamlamış denim pantolon kullanılmıştır. Süreç dört aşamada yürütülmüştür. Bu aşamalar atık nitelikli denimlerin toplanması ve sınıflandırılması, elde edilen parçaların boyut-biçimine göre model geliştirme, üç boyutlu dijital ortamda giysi tasarımı ve prototip üretimidir. Sökülen parçaların sınırlı boyutu, farklı kalınlık ve tuşe özellikleri ile renk solmasındaki farklılıklar başlıca tasarım kısıtlarını oluşturmaktadır. Bu kısıtlar CLO 3D dijital tasarım aracıyla minimize edilmiştir. Dört öğrencinin katılımıyla toplam 12 parçalık giysi koleksiyonu üretilmiştir. Kesim atıkları çanta ve kolye gibi aksesuarlarda değerlendirilerek sıfır atık temelli bir yaklaşım uygulanmıştır. Çalışma kapsamında hazırlanan *Denim Adım Dönüşüm* adlı koleksiyon, sürdürülebilir moda alanındaki uygulamaları görünür kılmak amacıyla düzenlenen bir sergi ile katılımcıların beğenisine sunulmuştur. Bulgular, el işçiliği teknikleri ile dijital prototiplemenin birlikte kullanılmasının atık denim girdisinden estetik ve işlev açısından nitelikli ürünler elde edilmesini olanaklı kıldığını göstermektedir. Çalışma ayrıca ileri dönüşüm uygulamalarının moda tasarımı eğitiminde sürdürülebilir üretim ve tüketim bilincini geliştiren bir öğrenme aracı olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Atık denim dönüşümü, ileri dönüşüm, sürdürülebilir moda tasarımı, sıfır atık, dijital giysi tasarımı

UPCYCLING OF END-OF-LIFE DENIM TROUSERS AND ZERO-WASTE COLLECTION DESIGN

ABSTRACT

The linear production model in the textile and apparel industry leads to high water consumption, carbon emissions, and textile waste. Upcycling, in which end-of-life clothing is converted into

higher value products, is one of the design-oriented solutions to this problem. This study examines a waste denim upcycling project carried out within the Graduation Project course of the Fashion Design Program at the Vocational School of Technical Sciences, Amasya University. The aim is to evaluate a collection development process that used waste denim inputs of different structures in terms of method, material constraints, and design outputs. The project used 20 end-of-life denim trousers obtained from local tailors and residents of the region. The process was carried out in four stages. These were the collection and classification of waste denim, pattern development based on the size and shape of the recovered pieces, clothing design in a three-dimensional (3D) digital environment, and prototype production. The limited size of the deconstructed pieces, differences in thickness and hand feel, and uneven color fading were the main design constraints. These constraints were reduced with the CLO 3D design software. Four students took part in the project and produced a clothing collection of 12 pieces. Cutting waste was used in accessories such as bags and necklaces, which allowed a zero-waste approach to be applied. The collection, named *Denim Adım Dönüşüm*, was presented to visitors at an exhibition organized to increase the visibility of sustainable fashion practices. The findings show that combining handcraft techniques with digital prototyping makes it possible to obtain products of good aesthetic and functional quality from waste denim. The study also shows that upcycling practices can be used as a learning tool that builds awareness of sustainable production and consumption in fashion design education.

Keywords: Waste denim upcycling, upcycling, sustainable fashion design, zero waste, digital clothing design

1. GİRİŞ

Talep edilen sürekli değişim ve buna ayak uydurma isteği, her koşulda yeni ve farklı olanı arzulayan tüketim toplumlarını ön plana çıkarmaktadır. Moda alanında bu durum, oldukça kısa aralıklarla değişen eğilimler ve buna bağlı olarak büyüyen hızlı moda sistemiyle karşılık bulmaktadır. Hızlı moda anlayışı, tasarımları asıl işlevi olan problem çözme eyleminden uzaklaştırarak geçici eğilimlere dayandırmakta ve bu süreçte aşırı üretim-tüketim döngüsü çevresel tahribatlar oluşturmaktadır.

Kısa vadeli eğilimlerin ve kullan-at anlayışının yarattığı bu tahribata karşı gelişen tepkilerle birlikte, moda alanında yavaş tüketim, çevre bilinci kazanma ve gelecek nesillere yaşanabilir alanlar bırakma kaygısıyla tasarımda sürdürülebilirlik kavramına doğru yönelim göstermektedir. Güncel moda eğilimleri artık yalnızca estetik kaygılarla değil, etik üretim ve döngüsel ekonomi unsurları ile şekillenmektedir. Bu farkındalık, endüstriyi doğrusal

modellerden uzaklaştırarak atıkların kaynağında önlendiği, malzemelerin yeniden değer kazandığı yenilikçi ve sıfır atık odaklı tasarım stratejilerine yönlendirmektedir.

Hızlı moda ile yavaş moda arasındaki çevresel uçurum; tercih edilen malzeme tipolojisi, tüketim dinamikleri ve yaşam sonu bertaraf süreçlerinde ortaya çıkan tahribat mekanizmaları üzerinden derinleşmektedir (Fletcher, 2014: 204). Hızlı moda sisteminin dayattığı üretim ölçeği, su kaynaklarını hızla tüketen ve toprağı zehirleyen konvansiyonel pamuk tarımından, deniz ekosistemlerine mikroplastik karışmasına sebep olan sentetik liflere ve nihayetinde mekanik geri dönüşümü olumsuz etkileyen farklı karışımdaki malzemelere kadar uzanan çok boyutlu bir ekolojik tahribat ile sonuçlanmaktadır (Anas vd., 2025:3; Grillo vd., 2023:3). Üretim ve terbiye döngülerindeki yüksek karbon salımı, su ayak izi, ağır metal yüklü toksik kimyasal atıklar ve engellenen döngüsellik gibi tüm bu ekolojik kayıp enstrümanlarının en yoğun şekilde somutlaştığı tekstil yüzeylerinin başında ise denim gelmektedir (Kaya vd., 2025: 2150; Periyasamy, 2021: 4472). Denim, tarihsel süreç boyunca işçi sınıfının ağır çalışma koşullarına dayanacak sert bir iş kıyafeti olarak üretilmiş ve endüstriyel geçmişinden aldığı bu güçle küresel hazır giyim sektörünün kültürel açıdan en kalıcı, zamansız malzemelerinden birine dönüşmüştür. Sınıf, toplumsal cinsiyet ve coğrafi sınırları aşarak zengin-fakir, genç-yaşlı, kadın-erkek herkesin gardırobunun vazgeçilmezi hâline gelen bu tekstil ürünü (Enes & Binboğa, 2021:894), ne yazık ki günümüzdeki aşırı üretim ölçeği ve hızlı moda akımının yarattığı yıkıcı tüketim döngüsü nedeniyle ekolojik krizlerin ve çevresel sürdürülebilirlik sorunlarının merkezinde yer almaktadır. Klasik ve tek yönlü bir işleyişe sahip olan doğrusal ekonomi modeline dayalı süreçlerle üretilen bir denim pantolonun yaşam döngüsü incelendiğinde, 10.850 litre su ayak izine sahip olduğu (Chapagain vd., 2006: 193), bununla birlikte daha az tüketim odağı ile yüksek teknoloji ile üretim yapan Levi's 501 modelinde bu tüketimin 3.800 litreye kadar düşürülebildiği (Periyasamy ve Militky, 2017 :279) rapor edilmiştir.

Bu doğrusal sürecin ekolojik değerlendirmesi yapıldığında, çevresel tahribatın büyük kısmının henüz endüstriyel üretim aşamasına geçilmeden, yoğun yapay sulama ve tarımsal kimyasal gerektiren konvansiyonel pamuk tarımı safhasında gerçekleştiği görülmektedir. Dünyadaki toplam tarım alanlarının yalnızca %2,4'ünü kaplayan pamuk ekim alanları, buna karşılık küresel ölçekte tüketilen tarımsal haşere ilaçlarının %24'sını ve bitkisel ilaçların %11'ini tüketmektedir (Chapagain vd., 2006: 192). Bu durum, pamuk üretiminde kullanılan böcek ilaçları, sentetik gübreler ve fosil yakıtlar nedeniyle doğadaki canlıların hayatını ve biyoçeşitliliği ciddi şekilde tehdit etmektedir (Dikbaş & Mezarcıöz, 2019:113). Geriye kalan

ve ekolojik sistem üzerindeki etkisi açısından kritik kabul edilen pay ise doğrudan fabrikasyon süreçlerine aittir. Tedarik zincirindeki en büyük karbon yükü, tasarımcının renk ve doku tercihlerini hayata geçiren kimyasal boyama ve yaş terbiye (taş yıkama vb.) aşamasında ortaya çıkmaktadır. Güncel araştırmalar, tekstil tedarik zincirinde üretim aşamasının sera gazı emisyonları açısından en yoğun nokta olduğunu (Khan vd., 2025, s. 8529) ve bu süreçte sadece yıkama ile eskitme efektlerinin üretimdeki karbon yükünün %32'sini oluşturduğunu (Imran vd., 2023, s. 3) belgelemektedir

Ayrıca bu süreçler, okyanuslardaki mikroplastik kirliliğinin de temel nedenlerindendir. Araştırma bulguları, 1 kg'lık standart bir çamaşır yıkama yükünde yaklaşık 2.300.000 ile 4.900.000 adet mikroplastik partikülün atık sularla denize karıştığını göstermektedir (Periyasamy, 2021: 4484). Söz konusu uygulamalar, hem temiz su kaynaklarını hızla tüketmekte hem de yüksek enerji, ağır metal ve mikroplastik içerikli atıklarla küresel çevresel krizi derinleştirmektedir.

Tekstil atıklarının döngüsel ekonomiye kazandırılmasında malzemenin fiziksel durumuna göre yeniden kullanım, geri dönüşüm (lif düzeyinde) ve ileri dönüşüm stratejileri öne çıkmaktadır (Kadınkız vd., 2023:94). Yaygın geri dönüşüm stratejilerinden biri olan mekanik parçalama yöntemi, atık pamuk liflerinin yapısal tahribatına yol açarak kısa lif oranını artırmakta ve nihai iplik kalitesini düşürmektedir. Mekanik olarak geri dönüştürülmüş pamuk liflerinin kısa uzunlukları ve homojen olmayan yapıları nedeniyle %100 oranında eğrilmesi mümkün olmamakta, eğrilebilir nitelikleri karşılamak adına karışıma taşıyıcı olarak birincil pamuk veya polyester gibi daha uzun ve mukavemetli liflerin eklenmesi zorunlu hale gelmektedir (Ütebay vd., 2019:29). Buna karşılık ileri dönüşüm, kullanım ömrünü tamamlamış denim giysilerin ve denim üretim atıklarının liflerine parçalanmadan, kumaş formunda korunarak tasarım müdahaleleriyle estetik ve ekonomik değere sahip yeni giysi veya tasarım nesnelerine dönüştürülmesini esas almaktadır (Khokimjonov, 2025:196). İleri dönüşüm süreçleri, doğrusal üretime kıyasla bu çevresel yükü hafifletmektedir.

Farklı özellikteki denim atıkların tedariğinden dijital modelleme sürecine kadar uzanan aşamalar, doğrusal üretim modelinden döngüsel tasarıma geçişin kritik operasyonel halkalarını oluşturmaktadır. Tüketim sonrası giysilerden toplanan ve farklı yıkama tonları ile bölgesel aşınmalar barındıran denim ürünleri içerik olarak farklı niteliklere sahiptir. Bu ürünler öncelikle metal düğme ve fermuar gibi yardımcı ve tutturucu bileşenlerden arındırılarak kumaş gramajı ile fiziksel deformasyon durumuna göre sınıflandırılmaktadır. Asimetrik ve düzensiz geometrilere sahip atık parçaların kalıp kesiminde yaratacağı kumaş firesini önlemek amacıyla

üç boyutlu dijital moda teknolojileri avantaj sağlayabilmektedir. Sınıflandırılan parçaların kumaş yapısı 3B giysi tasarım yazılımlarına aktarılarak fiziksel malzemenin dijital kopyaları üretilmekte ve üç boyutlu sanal provalar gerçekleştirilmektedir. Bu süreçte Rissanen ve McQuillan'ın (2016) tanımladığı gibi mevcut düzensiz atık parçaları kumaş yüzeyinde fire bırakmayacak şekilde tasarıma dahil edilmektedir.

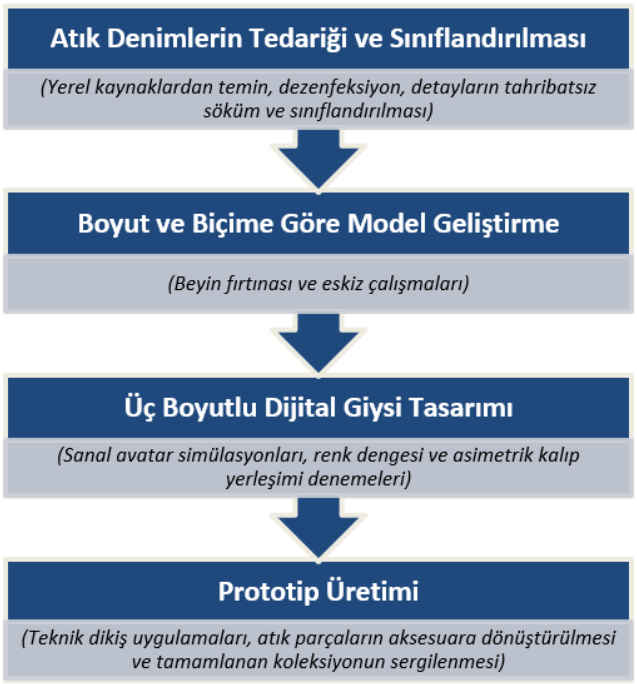
Doğrusal üretimden ayrışan ileri dönüşüm metodolojisi, giysilerin tekrar kullanıma sunulmasını esas alan ardışık bir sürece dayanmaktadır. Bu sürecin ilk adımı, atık denimlerin tedarik edilip hijyen standartları gereği yıkanmasıdır. Atık denimler; renk, kumaş kalitesi ve barındırdıkları metal donanımlar nedeniyle oldukça farklı ve işlenmesi zorlu bir yapıdadır. Bu nedenle dönüşüm aşamasına geçilmeden önce perçin, düğme ve fermuar gibi tutturucu ve aksesuarlardan arındırılmaları gerekmektedir (Akı vd., 2020:10). Ardından sökümden elde edilen parçalar, malzemenin türü, dokusu, renk uyumu ve yıpranma durumuna göre estetik ve tasarımsal bütünlük gözetilerek seçilmekte ve sınıflandırılmaktadır (Koca & Koç, 2020: 904). Sonraki aşamada bu kumaş parçaları üç boyutlu giysi tasarım yazılımlarına aktarılarak fiziksel malzemenin dijital kopyaları oluşturulmakta ve CLO 3D gibi yazılımlar üzerinden tasarım denemeleri ile kumaş yerleşimleri tamamlanmaktadır. Bu teknolojik entegrasyon, fiziksel numune yinelemelerini %76 oranında azaltmakta ve tasarım aşamasındaki kumaş firesini %15 ila %20 oranında önlemektedir (Kong & Wu, 2025:18). Tasarım evresinde, malzemedeki bölgesel aşınmaları estetik bir değere dönüştürmek amacıyla aplike gibi teknikler dijital tasarıma dahil edilmektedir. Literatürde de vurgulandığı üzere, tasarım sürecinde yapılan provalar ve prototipleme aşamaları, olası tasarım uyumsuzluklarının üretim öncesinde tespit edilip giderilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir (Koca & Koç, 2020:909). Bu bağlamda, fiziksel provaların yerine CLO 3D gibi yazılımlar kullanılarak sanal mankenler üzerinden dijital provalar gerçekleştirilmekte ve tasarım kusursuz hale getirilmektedir. Dijital ortamda doğrulanan kalıplar fiziksel kumaşa aktarılarak kesim işlemleri yapılmakta (Rissanen & McQuillan, 2016:134) ve uygun dikiş teknikleriyle giysi montajı tamamlanmaktadır. Son aşamada ise elde edilen katma değerli tasarım ürünleri, tüketicilerde döngüsel tüketim bilincini artırmak, sürdürülebilirlik farkındalığı yaratmak (Enes & Binboğa, 2021, s. 884) ve üretüketici (Balkış & Koca, 2026:81) uygulamalarını teşvik etmek hedefiyle sergilenerek katılımcılara sunulmaktadır.

Belirtilen bu sıralı iş akışı, tekstil atıklarının kumaş bütünlüğü korunarak nitelikli ürünlere dönüşmesi sürecini açıklamaktadır. Bununla birlikte, literatürdeki mevcut çalışmaların önemli bir kısmı döngüsel tasarım ve ileri dönüşüm konularını yalnızca kavramsal strateji veya genel

sürdürülebilirlik modelleri düzeyinde ele almaktadır. Fiziksel atık tedariğinden başlayarak dijital modelleme, yüzey manipülasyonu, koleksiyon üretimi ve nihai sergileme aşamalarına kadar uzanan somut ve bütüncül uygulama süreçlerini belgeleyen araştırmalar ise oldukça sınırlı kalmaktadır. Bu çalışma, Amasya Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Moda Tasarımı Programı atölyesinde yürütülen sosyal sorumluluk projesinin uygulama metodolojisini ve 12 parçalık giysi koleksiyonunun tasarım sürecini akademik bir çerçevede ortaya koymayı amaçlamaktadır.

2. YÖNTEM

Birincil hammadde kumaşla çalışan hazır giyim üretiminde girdi malzemesi homojen ve standart özelliklere sahipken tüketici sonrası atık denim girdisi doğası gereği farklı içeriklere sahip bir yapı sunmaktadır. Araştırmanın bu bölümü söz konusu farklılığı yönetebilmek amacıyla kullanım ömrünü tamamlamış denim pantolonların ileri dönüşüm süreciyle yeniden kullanımını sağlayan çok aşamalı uygulama kurgusunu detaylandırmaktadır. Doğrusal üretim hatlarının aksine eldeki malzemenin fiziksel sınırlarını merkeze alan döngüsel bir tasarım modeli temele alınmaktadır. Süreç Amasya Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Moda Tasarımı Programı atölye imkânları kullanılarak araştırmacı öğrencilerin aktif katılımıyla yürütülmektedir. Atık malzemenin tekdüze olmayan doğasından kaynaklanan yapısal zorlukları aşmak ve bu kısıtları yenilikçi çözümlere dönüştürmek amacıyla ardışık bir metodoloji kurgulanmıştır. Bu metodoloji; yerel kaynaklardan atık nitelikli denimlerin toplanması ve sınıflandırılması, elde edilen parçaların boyut ve biçimine göre model geliştirme süreci, üç boyutlu dijital modelleme ve prototip üretimi olmak üzere dört aşamada yürütülmektedir. Araştırmanın temel altyapısını oluşturan ve atık malzemenin katma değerli bir koleksiyona dönüşümünü sistematik hale getiren bu ardışık aşamalar genel hatlarıyla Şekil 1 üzerinde özetlenmektedir.



Şekil 1. Atık denim pantolonların ileri dönüşüm sürecinde izlenen dört aşamalı metodolojik akış şeması

Şekil 1 ile sunulan akış diyagramında da görüldüğü üzere ilk aşama olan hazırlık ve tedarik sürecinde yerel terziler ile bölge sakinleriyle iletişime geçilerek kullanım ömrünü tamamlamış yirmi adet atık denim pantolon bedelsiz olarak temin edilmiştir. Dezenfekte edilen pantolonlar renk tonu, kumaş özellikleri ve bölgesel deformasyon dağılımına göre sınıflandırılmıştır. Aşınmanın yalnızca belirli bölgelerde yoğunlaştığı ürünlerde bacak bölgeleri ve ceplerin yapısal bütünlüğünü koruduğu göz önünde bulundurulmuştur. Giysiler dikiş paylarından tahribatsız biçimde sökülerek düz parçalara ayrılmıştır. Fermuar, metal düğme, kemer köprüsü ve cep torbaları yeniden tasarım bileşeni olarak kullanılmak üzere ayrı gruplarda toplanmıştır. İkinci aşamada eldeki atık denim parçaları, sınırlı yüzey alanı ve düzensiz geometrisi kalıp hazırlama süreçlerini kısıtladığından tersine tasarım yaklaşımı benimsenmiştir (Rissanen & McQuillan, 2016: 88). Sökülmüş giysilerden elde edilen kumaş parçalarının geometrik ölçüleri çıkarılmış ve mevcut parça geometrilerinden maksimum giysi sayısı elde etmeye yönelik eskiz çalışmaları yürütülmüştür. Üçüncü aşama olan dijital modelleme sürecinde tasarım hatalarını ve fiziksel numune israfını en aza indirmek amacıyla üç boyutlu giysi tasarım yazılımlarından faydalanılmıştır (Enes, 2026:87, Kong & Wu, 2025:18). Sanal avatarlar üzerinde farklı tonlardaki kumaş parçalarının renk dengesi asimetrik kesim hatları ve siluet oranları simüle edilerek tasarım kısıtları dijital ortamda optimize edilmiştir. Çalışma kapsamında toplam on iki parçalık nihai koleksiyon bu dijital değerlendirmeler sonucunda belirlenmiştir. Dördüncü ve son aşama olan prototip üretimi için onaylanan on iki tasarımın birebir ölçekli kalıp hazırlığı

ile dikim işlemleri atölye ortamında gerçekleştirilmiştir. Farklı yıpranma düzeyine ve dokuya sahip parçaların birleştirilmesinde malzeme yapısına en uygun, estetik sonucu veren dikiş tekniğini belirlemek amacıyla denemeler yapılmış, uygun iplik, iğne ve montaj tekniği seçilmiştir (Koca & Koç, 2020: 904). Kesim sonrasında geriye kalan küçük denim atıkları, çanta, kolye gibi aksesuarların üretiminde değerlendirilerek minimum atık hedefine ulaşılması desteklenmiştir (Khokimjonov, 2025: 196).

3. BULGULAR

Bu bölümde kullanım ömrünü tamamlamış denim pantolonların ileri dönüşüm projesi kapsamında yürütülen dört aşamalı uygulamanın bulguları sunulmaktadır. Çalışmanın bulguları sırasıyla atık denimlerin yerel kaynaklardan tedarik edilerek çoklu bileşenlerinden arındırılması, boyut ve biçime göre malzeme odaklı eskizlerin geliştirilmesi, dijital ortamda sanal prototipleme yapılması ve son olarak prototip üretimi üzerinden incelenmektedir. Doğrusal üretim modellerinden farklı olarak kurgulanan bu süreç, eldeki malzemenin kısıtlarını tasarımın temel belirleyicisi konumuna taşımaktadır. Elde edilen sonuçlar fiziksel atık yönetimi ile üç boyutlu dijital moda teknolojilerinin entegrasyonunun tasarım firesini en aza indirdiğini ve öğrencilerin döngüsel ekonomi ekseninde yaratıcı çözümler geliştirme becerilerini desteklediğini göstermektedir.

3.1. Atık Denimlerin Tedarik ve Sınıflandırma Süreçleri

Giyim endüstrisinin küreselleşmiş ve parçalı tedarik zinciri yapısı, geri dönüşüm ve lojistik uygulamaları açısından karmaşık zorluklar barındırmakla birlikte, sektörün genel üretim ve tüketim döngüsü yüksek enerji tüketimine ve sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır (Fletcher, 2014: 25; Payne, 2015: 118). Malzeme tedariğinde yerel kaynakların tercih edilmesi ve küçük ölçekli üretim modellerine geçilmesi nakliye ile yakıt harcamalarını belirgin şekilde düşürmektedir. Tüketici sonrası atıkların yönetilmesinde belediyelerin mahalle merkezlerine yerleştirdiği tekstil atık kumbaraları kritik bir rol oynamaktadır. Türkiye genelinde yıllık oluşan yüksek tonajlı tekstil atığının bertaraf edilmesi yerel yönetimlere ciddi bir mali yük getirmektedir. Atıkların kaynağında toplanarak bertaraf sahalarına gitmesinin önlenmesi hem bu finansal yükü hem de şehir çöplüğü gibi depolama sahalarındaki riskleri azaltmaktadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014). Bölgesel sanayi kümelenmelerinde ortaya çıkan üretim atıklarının yerinde değerlendirilmesi döngüsel ekonomi açısından önemli fırsatlar barındırmaktadır.

Sanat ve tasarım eğitiminde kullanım ömrünü tamamlamış giysilerin değerlendirilmesi öğrenci projelerinde malzeme maliyetini düşüren erişilebilir ve yaratıcı yöntemlerden biridir. İleri

dönüşüm uygulamaları öğrencilerin tasarımcı kimliklerini geliştirmelerine ve sezgisel el becerisi kazanmalarına imkân tanımaktadır. Üniversite atölyelerinde yerel paydaşların desteğiyle gerçekleştirilen bu tür üretim süreçleri kampüs gençliğinde döngüsel tüketim ve üretüketici bilincini pekiştirmektedir (Balkış & Koca, 2026: 73). Bu doğrultuda yürütülen uygulama kapsamında yerel kaynaklardan yirmi adet kullanım ömrünü tamamlamış denim pantolon temin edilerek atölye ortamına aktarılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Yerel kaynaklardan bedelsiz olarak toplanan atık denim pantolonlar

Kullanım dışı kalan atık denim giysilerin ileri dönüşüm süreçlerindeki kritik işlemi, malzemenin içeriğinde barındırdığı farklı bileşenler oluşturmaktadır (Damásio, 2026: 326). Klasik bir denim pantolon yalnızca pamuklu kumaştan ibaret olmayıp metal perçinler, fermuarlar, düğmeler, deri etiketler ve polyester dikiş iplikleri gibi yardımcı malzemeler içermektedir. Toplanan atık denimler yeni tasarım süreçlerine dahil edilmeden önce tüm bu sert metal ve yardımcı ek bileşenlerden arındırılmak durumundadır (Akı vd., 2020: 10; Anas vd., 2025: 3). Boyut ve ağırlık bakımından belirgin olan düğme ve fermuarların kumaştan ayrılması işlemi nispeten daha kolay yürütülebilmektedir. Buna karşın ceplerin köşelerini ve yüksek gerilim noktalarını güçlendirmek amacıyla preslenen metal perçinlerin sökülmesi oldukça zahmetli bir işçilik gerektirmektedir. Uygulamalar sırasında çoğu zaman perçinin etrafındaki sağlam kumaşın kesilerek çıkarılmak zorunda kalındığı ve bu durumun kullanılabilir kumaş yüzeyinde kayıplara yol açtığı gözlemlenmiştir.

Sınıflandırma aşamasında sökümü gerçekleştirilen denim parçalarının bölgesel deformasyonları ve renk solma geçmişleri detaylı olarak incelenmektedir. Şekil 3'te görüldüğü üzere yoğun diz izleri, yırtıklar ve belirgin renk kayıpları barındıran asimetrik parçalar tespit edilmiştir. Söküm işleminin getirdiği kısıtları aşmak ve döngüsel tasarım ilkelerini tasarıma yansıtmak amacıyla arka cepler, kemer köprüleri ve farklı renk tonlarındaki bu deforme

parçalar atık olmaktan çıkarılmaktadır. Elde edilen söz konusu farklı içerikte kumaş parçaları moda tasarım atölyesinde estetik bir tasarım detayı olarak değerlendirilmek üzere bir sonraki adım olan boyut ve biçime göre model geliştirme süreci için temel materyal altyapısını desteklemektedir.



Şekil 3. Sınıflandırma aşamasında tespit edilen bölgesel deformasyonlar

3.2. Atık Denimlerin Boyut ve Biçime Göre Model Geliştirme ve Eskiz Çalışmaları

Moda tasarımı eğitiminde öğrenciler sürece çoğunlukla eskizler çizerek başlamakta ve sürecin sonunda standart enlerdeki kumaş topları, seçilen tasarımlara uygun olarak kesilmektedir. Bu doğrusal yaklaşımda kumaş seçimi, kalıp kesimi ve istenen giysi formu elde edilmesinde ortalama %15 ile %20 oranında kumaş firesi ortaya çıkmaktadır (Rissanen ve McQuillan, 2016: 123). Buna karşın atölye uygulamasında sökümü tamamlanan atık denim parçalarının sınırlı yüzey alanı, aşınma noktaları ve düzensiz geometrileri bu sıralamanın uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum tasarımın eldeki mevcut malzemenin fiziksel sınırlarına göre yönlendirildiği malzeme odaklı bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır (Koca ve Koç, 2020: 898).

Malzemenin getirdiği yapısal kısıtlar moda tasarımı öğrencilerinin zihinlerinde ve tasarım metodolojilerinde pedagojik bir öğrenme deneyimi yaratmaktadır. Öğrenci önceden çizilmiş bir formu kumaşa aktarmak yerine malzemenin kalınlığına ve asimetrisine odaklanarak doğrudan kumaşın yönlendiriciliğini kullanmaktadır. Schön (1983) tarafından kavramsallaştırılan eylem içinde düşünme modelinde ifade edildiği üzere, tasarımcı atık kumaş parçalarını keserken veya birleştirirken malzemenin gösterdiği dirence göre anında kararlar almaktadır. Bu fiziksel etkileşim, Nimkulrat (2012: 8) tarafından vurgulanan, el becerisine ve malzemeyi kavramaya dayalı örtük bilginin öğrenci zihninde inşa edilmesini sağlamaktadır. Sabit bir eskiz fikri ile fiziksel malzemenin dinamik davranışı arasındaki farkı birebir deneyimlemek, üretim esnasında karşılaşılan form gerekliliklerini anında çözebilme sezgisini pekiştirmektedir. Nitekim literatürde de, öğrencilerin teorik tasarımlarını pratiğe dönüştürürken karşılaşacakları sorunlara anında çözüm üretebilmeleri için, moda tasarımı eğitiminde bu tür problem çözmeye dayalı uygulamalı derslerin zorunlu olduğu vurgulanmaktadır (Koca & Emiroğlu, 2022: 26).

Sınırlı boyutlara sahip denim parçalarının tasarım potansiyelini en üst düzeye çıkarmak ve mevcut envanterden elde edilebilecek giysi sayısını artırmak amacıyla proje ekibi tarafından

kapsamlı eskiz çalışmaları yürütülmüştür. Şekil 4 ile malzemenin fiziksel asimetrisini estetik formlara dönüştürmeyi hedefleyen alternatif tasarı denemelerini içeren eskiz çalışmalarını göstermektedir. Öğrenciler atık kumaşın sınırlarını, dikiş izlerini ve renk farklılıklarını birer kısıt olmaktan çıkararak bütüncül düşünme becerisiyle tasarımın kurucu unsuru haline getirmektedir (Koca & Koç, 2009: 40). Çoklu malzeme kullanımı yalnızca denim parçalarıyla değil, aynı zamanda sökülen metal perçinler, fermuarlar ve etiketlerle eş zamanlı çalışılmasını gerektirmekte ve öğrencideki dokusal algı ile birleştirme esnekliğini artırmaktadır (Enes & Binboğa, 2021: 897).



Şekil 4. Alternatif tasarı denemeleri ile eskiz çalışmaları

Üretilen alternatif eskizler; asimetrik detaylardan, çok parçalı etek formlarına kadar geniş bir çerçeve sunmaktadır. Bu süreç öğrencinin soyut kavramları fiziksel gerçeklikle buluşturmasını kolaylaştırırken, tasarım eyleminin sistemli bir planlama, biçimlendirme ve kurgulama eylemi olduğunu kavramasını desteklemektedir (Koca & Koç, 2009: 40). Üretüketici kimliği kazanarak malzemenin yeniden döngüye girmesine aracılık eden öğrenci, toplumsal sorumluluk bilincini erken aşamada somut bir mesleki reflekse dönüştürmektedir (Balkış & Koca, 2026: 81). Ortaya konan bu görsel ve kavramsal taslaklar bir sonraki adım olan üç boyutlu dijital modelleme aşamasına güçlü bir veri sağlamakta ve sanal ile somut arasındaki neden sonuç ilişkisini kuracak nihai prototipleme kurgusunu belirlemektedir.

3.3. Üç Boyutlu Dijital Giysi Modellemesi

Üçüncü aşama olan dijital modelleme ve sanal prototipleme sürecinde tasarım sınırlarının belirlenmesi ile fiziksel malzeme kayıplarının en aza indirilmesi amacıyla CLO 3D deneme sürümü üzerinden çalışmalar yürütülmüştür. Atık denim parçaların asimetrik ve düzensiz geometrileri fiziksel ortamda doğrudan kesildiğinde telafisi mümkün olmayan malzeme kayıplarına yol açabileceğinden bu riski ortadan kaldırmak üzere tasarım sürecine üç boyutlu

giysi simülasyon yazılımları dahil edilmiştir. Bu doğrultuda bir önceki adımda gerçekleştirilen ve beyin fırtınasına dayanan eskiz çalışmaları eldeki mevcut atık denim parçalarının fiziksel sınırları ile dijital ortamda örtüştürülmüştür. Bu örtüştürme işlemi sayesinde kağıt üzerindeki yaratıcı fikirler ile gerçek atık parçaların geometrileri sanal bir düzlemde eşleştirilerek modeller nihai hallerine kavuşturulmuştur.

Öncelikle sınıflandırılan fiziksel denim parçaların kalınlıkları, renk ve doku gibi ayırt edici parametreleri sanal ortama aktarılarak malzemenin dijital kopyaları üretilmiştir. Üç boyutlu giysi tasarım programları, kalıpların hazırlanması, bilgisayar ortamında eş zamanlı olarak dikilmesine ve sanal manken üzerine giydirilerek nihai giysilerin sanal ortamda görüntülenmesine olanak sağlamaktadır. Sanal ortamda sıfır atık kalıp tasarımı ilkeleri doğrultusunda atık kumaş sınırları planlanmıştır. Tasarlanan ve üretilmek üzere seçilen on iki parçalık ileri dönüşüm giysi koleksiyonu Şekil 5 ile sanal avatarlar üzerinde sunulmaktadır. Geliştirilen bu nihai modellerde parçalı elbiseler, büstiyerler, asimetrik etekler, tulum ve pantolon gibi çeşitlilik gösteren tasarımlar yer almaktadır. Araştırmacı öğrenciler farklı tonlardaki parçaların renk dengesini, asimetrik kesim hatlarını ve siluet oranlarını sanal ortamda denemeler aracılığıyla analiz ederek, fiziksel kumaş kesim işlemine geçilmeden önce kalıp uyumsuzluklarını ve potlukları tespit etmiştir.



Şekil 5. On iki parçalık ileri dönüşüm giysi koleksiyonu 3B sanal prototipleri

Buna ek olarak dijitalleştirme aşamasında ana giysi tasarımlarının yanı sıra üretim sürecinde açığa çıkabilecek küçük atık parçaların kullanılması amacıyla çanta ve benzeri tamamlayıcı aksesuarların geliştirilmesine yönelik ön tasarım ve yerleşim çalışmaları da gerçekleştirilmiştir.

CLO 3D yazılımının sağladığı esneklik sayesinde giysi kalıplarından arta kalan boşluklar ve küçük geometrik atıklar aksesuar tasarımları için veri olarak değerlendirilmiştir. Üç boyutlu tasarım araçlarının kullanılması öğrencilerin mekan algılarını güçlendirirken karmaşık yüzey manipülasyonlarının form üzerindeki etkisini önceden doğrulamalarına imkan tanımıştır. Sanal ortamda gerçekleştirilen bu yinelemeli tasarım denemeleri sonucunda dört araştırmacı öğrencinin her biri için üçer modelden oluşan toplam on iki parçalık koleksiyonun nihai halleri fiziksel üretime hazır hale getirilmiştir.

3.4. Prototip Üretimi

Önceki aşamalardan elde edilen dijital ve görsel tecrübeler doğrultusunda uygulama sürecinin son basamağında tasarımların fiziksel üretimine geçilmiştir. Üç boyutlu dijital modelleme ve planlama süreçlerinin sağladığı hedefli yerleşim avantajları sayesinde kesim ve dikim işlemleri malzemenin verimli kullanımı gözetilerek minimum müdahale işlemi ile gerçekleştirilmiştir. Kalıpların kumaş üzerine doğrudan ve sıfır atık ilkeleri doğrultusunda yerleştirilmesi sayesinde giysiler yalnızca teoride kalmayıp somut birer çıktı olarak hayata geçirilmiştir. Sonuç olarak on iki parçadan oluşan özgün ve giyilebilir nitelikteki bu koleksiyon üretimi tamamlanmıştır (Şekil 6). Bu süreçte sadece standart giyilebilir kıyafetler değil her bir parçanın kendi geçmişini ve dönüşüm sürecini yansıttığı oldukça yaratıcı ve yenilikçi tasarımların elde edilmesi olanaklı hale gelmiştir.



Şekil 6. Üretilen on iki parçalık ileri dönüşüm giysi koleksiyonu

Prototip üretimi sonrası arta kalan denim parçaları da tasarım sürecine dahil edilmiştir. Bu bağlamda kalan dar parçalar, küçük cep kısımları ve paça atıkları birleştirilerek çanta ve kolye gibi tamamlayıcı aksesuarlara dönüştürülmüştür. Şekil 7 örneğinde görüldüğü gibi denim pantolonların arka cep formlarından ve kalan parça kumaşlardan faydalanılarak asimetrik ve katmanlı bir omuz askılı çanta üretilmiştir. Çantanın ön yüzünde farklı indigo tonlarına sahip ceplerin üst üste dikilmesiyle oluşturulan aplike detayları malzemenin geçmişini estetik bir tasarım diline çevirmiştir. Benzer şekilde sökülen kemer köprüleri, dikiş payı atıkları ve dar kumaş şeritleri birbirine geçirilerek özgün bir zincir kolye elde edilmiştir. Bu aksesuar tasarımı kalan parçaların atık sahalarına gönderilmeden katma değerli birer ürüne dönüştürülebileceğini somut bir biçimde ortaya koymaktadır.



Şekil 7. Üretilen omuz askılı çanta ve kolye aksesuarları

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma çevresel etkileri giderek artan ve küresel bir krize dönüşen tekstil atıklarına endüstriyel uygulanabilir bir çözüm sunmak amacıyla kullanım ömrünü tamamlamış denim pantolonların yeni giysilere dönüştürüldüğü dört aşamalı uygulamalı bir modeli ele almaktadır. Araştırma kapsamında kurgulanan iş akışının ilk aşamasında yerel kaynaklardan toplanan farklı nitelikteki atık denimler sökülerek metal perçin, fermuar ve etiket gibi bileşenlerden arındırılmış ve fiziksel özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. İkinci aşamada elde edilen bu düzensiz ve asimetrik kumaş parçalarının fiziksel sınırları dikkate alınarak malzemenin tasarımı yönlendirdiği alternatif eskizler geliştirilmiştir. Üçüncü aşamada üretimdeki malzeme firesini önlemek amacıyla fiziksel özellikler üç boyutlu dijital simülasyon yazılımlarına aktarılmış ve sanal mankenler üzerinde çoklu malzeme provaları gerçekleştirilmiştir. Dördüncü ve son aşamada ise dijital ortamda doğrulanan giysiler atık kumaşlara uygulanarak on iki parçadan oluşan giysi koleksiyonu ile arta kalan küçük parçalardan elde edilen çanta ve kolye gibi aksesuarlar üretilmiştir.

Uygulama süreci malzeme firesini önlemenin ötesinde tasarım eğitiminde malzemenin tasarıma yön verdiği örnek bir dönüşüm uygulaması sunmaktadır. Öğrencilerin kâğıt üzerinde serbest çizim yapıp ardından bu çizime uygun kumaş aradıkları uygulama mantığı, atık malzemenin form dayatmalarıyla şekillenen doğrusal olmayan tasarım kurgusuna evrilmektedir. Tasarım eylemini fiziksel sınırlamalar altında gerçekleştirmek öğrencilere malzeme deneyimi ve uzamsal problem çözme yetkinliği kazandırmaktadır. Ayrıca üç boyutlu dijital simülasyon araçlarının sürece dahil edilmesi öğrencilerin dijital okuryazarlık seviyelerini artırarak onları dijital dönüşümü merkeze alan endüstriyel süreçlere hazırlamaktadır.

Gelecek araştırmalarda atölye ölçeğinde başarıyla doğrulanan bu dört aşamalı metodolojinin bölgesel hazır giyim işletmeleriyle entegre edilerek endüstriyel boyuta taşınması önerilmektedir. Buna ek olarak söküm için tasarım ilkeleri doğrultusunda çözünebilir dikiş ipliklerinin ve geri dönüştürülebilir aksesuarların kullanılması malzemenin yaşam döngüsü sonrasındaki yönetimi için yeni araştırma alanları sunmaktadır. Son olarak üretilen ileri dönüşüm giysilerinin kullanım dayanıklılığı ile yıkama performanslarının laboratuvar testleriyle incelenmesi döngüsel tekstil literatürüne daha kapsamlı ve nicel veriler sağlama potansiyeli taşımaktadır.

BEYAN VE TEŞEKKÜR

Bu çalışma; Amasya Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Moda Tasarımı Programı müfredatında yer alan Bitirme Projesi dersi kapsamında ve öğretim elemanı Esra OK ZÖHRA yürütücülüğünde gerçekleştirilen sosyal sorumluluk projesine dayanmaktadır. Proje çalışmasında yer alan Melike ÖNDER, Esma ÖZCAN, Fatma Zehra BEKTAŞ ve Hülya Candan KARAPELİT isimli öğrencilere en içten teşekkürler sunulmaktadır.

KAYNAKÇA

Anas, M. S., Faheem, M., & Mikucioniene, D. (2025). Challenges and limitations in recycling of post-consumer cotton denim waste into new textiles. Journal of Natural Fibers, 22(1), 2570080. https://doi.org/10.1080/15440478.2025.2570080

Balkış, M., & Koca, E. (2026). Sürdürülebilir modada üretüketici (prosumer) pratikleri ve giysi dönüşümü için bir kit önerisi. M. Ceranoğlu Terece (Ed.), Tekstil ve moda tasarımı alanında sürdürülebilirlik üzerine araştırmalar ve değerlendirmeler içinde (s. 85-104). Özgür Yayınları. https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1349.c5435

Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H. G., & Gautam, R. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. Ecological Economics, 60(1), 186-203.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2014). Düzenli depolama tesisleri, saha yönetimi ve işletme kılavuzu.

Damásio, R. A. P. (2026). Denim-jeans post-consumer waste feedstocks impact: A review. Journal of Materials Science Research and Reviews, 9(2), 325-341. https://doi.org/10.9734/jmsrr/2026/v9i2479

Dikbaş, F., & Mezarcıöz, S. (2019). Tekstilde yaşam döngüsü analizi. Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 38(3), 106-117.

Enes, E. (2026). Sıfır atık tasarım yaklaşımıyla denim giysi tasarım süreci. M. Ceranoğlu Terece (Ed.), Tekstil ve moda tasarımı alanında sürdürülebilirlik üzerine araştırmalar ve değerlendirmeler içinde (s. 85-104). Özgür Yayınları. https://doi.org/10.58830/ozgur.pub1349.c5435
Enes, E., & Binboğa, E. B. (2021). Atık kot giysilerden ileri dönüşüm yöntemi ile sanat eseri oluşturulması: Deniz Sağdıç'ın portre çalışmalarının incelenmesi. Art-e Sanat Dergisi, 14(28), 882-901. https://doi.org/10.21602/sduarte.989035
Fletcher, K. (2014). Sustainable fashion and textiles: Design journeys (2nd ed.). Routledge.
Grillo, J., López-Ordaz, A., Hernández, A., Catarí, E., Sabino, M., & Ramos, R. (2023). Synthetic microfiber emissions from denim industrial washing processes: An overlooked microplastic source within the manufacturing process of blue jeans. Science of the Total Environment, 884, 163815.
Imran, S., Mujtaba, M. A., Zafar, M. M., Hussain, A., Mehmood, A., Farwa, U. E., Korakianitis, T., Kalam, M. A., Fayaz, H., & Saleel, C. A. (2023). Assessing the potential of GHG emissions for the textile sector: A baseline study. Heliyon, 9(11), e22404. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22404
Kadınkız, N., Seyrek, M., Yıldırım, Z. N., Sobacı, Y., & Uzun, M. (2023). Denim endüstrisinde sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi. ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi, 5(2), 72-99. https://doi.org/10.46740/alku.1299572
Kaya, G., Saraç, E. G., & Öner, E. (2025). Innovative upcycle of denim garment washing solid waste for sustainable composites. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28(4), 2149-2160. https://doi.org/10.17780/ksujes.1697322
Khan, M.I., Islam, M.T., Wang, L. et al. Comparative energy demand and carbon footprint analysis of textile waste management systems in Australia. Environ Sci Pollut Res 32, 8529–8546 (2025). https://doi.org/10.1007/s11356-025-36200-1
Khokimjonov, I. S. (2025). Utilization of denim fabric waste for creating new garments, ecological and technological approach. The Journal of Almaty Technological University, 150(4), 195-200. https://doi.org/10.48184/2304-568X-2025-4-195-200
Koca, E., & Emiroğlu, S. (2022). Moda ve tekstil tasarımı lisans programlarının sürdürülebilirlik ölçütleri bağlamında değerlendirilmesi. ARTDergi Uluslararası Hakemli Sanat, Moda, Müzik ve Tasarım Dergisi, 1(1), 20-28. https://doi.org/10.5281/zenodo.7083209
Koca, E., & Koç, F. (2020). Example of iterative process in upcycled clothing design: Unused neckties and upholstery scraps. The Research Journal of the Costume Culture, 28(6), 890-911. https://doi.org/10.29049/rjcc.2020.28.6.890
Kong, X., & Wu, Y. (2025). Research on the construction and application of a full-path optimization system for independent designer brands based on CLO3D. Highlights in Art and Design, 10(1), 14-18. https://doi.org/10.54097/st438y10
Nimkulrat, N. (2012). Hands-on intellect: Integrating craft practice into design research. International Journal of Design, 6(3), 1-14.
Payne, A. (2015). Open- and closed-loop recycling of textile and apparel products. Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing içinde (s. 103-123). Elsevier.
Periyasamy, A. P., & Militky, J. (2017). Denim and consumers' phase of life cycle. S. S. Muthu (Ed.), Sustainability in denim içinde (s. 257-282). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102043-2.00010-1
Periyasamy, A. P., & Periyasami, S. (2023). Critical review on sustainability in denim: A step toward sustainable production and consumption of denim. ACS Omega, 8(5), 4472–4490. https://doi.org/10.1021/acsomega.2c06374
Rissanen, T., & McQuillan, H. (2016). Zero waste fashion design. Bloomsbury Publishing.
Schön, D. A. (1983). The reflective practitioner: How professionals think in action. Basic Books.
Uncu Akı, S., Candan, C., Nergis, B., & Önder, N. S. (2020). Understanding denim recycling: A quantitative study with lifecycle assessment methodology. Waste in textile and leather sectors içinde. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.92793
Ütebay, B., Çelik, P., & Çay, A. (2019). Effects of cotton textile waste properties on recycled fibre quality. Journal of Cleaner Production, 222, 29-35. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.033

TARİH KAYNAKLARINA GÖRE ENDÜLÜS COĞRAFYASINDA YIKILAN VE DÖNÜŞTÜRÜLEN CAMİLERDE DİNİ VE İLMİ HAYAT

Yüksek Lisans Öğrencisi Fatma SAFRAN
Yalova Universty, Graduate School of Education, Departmen of Islamic History and Arts, 77200 Merkez, Yalova
ORCID ID:0009-0005-0443-9015

ÖZET

93/711 yılında fethedilerek İslam sancağı altına giren Endülüs'te Müslümanlar, büyük imar faaliyetleri gerçekleştirmiştir. İslamiyet ile gelen medeniyetin izlerini günümüzde dahi taşımaya devam eden İspanya, 800 yıl Müslümanların hakimiyetinde kalmıştır. Bu zaman içerisinde birçok cami ve Ulucami inşa edilmiş, bu yapılar şehrin en merkezi yerlerinde konumlandırılmıştır. Hristiyanların bölgeyi ele geçirmesiyle başta ibadet mekanları olmak üzere Müslümanlara ait tüm izler silinmeye çalışılmıştır. Bu çalışma, günümüzde eksikleriyle hala var olmaya çalışan camileri ve onların tarihsel süreçte yaşadığı değişimleri ele almaktadır. Çalışmanın ele aldığı camilerden biri İşbîliye Ulucami'dir. Muvahhidler döneminde şehirdeki müslüman nüfusun sayısının artması sebebiyle inşâ edilmiştir. Abdullah b. Halef el-Lahmî el-Abbasî bu camide imam olarak görevlendirilmiştir. Camide çeşitli alanlarda ders halkaları bulunduğu ve öğrencilerin ilgili oldukları halkalara katıldığı bilinmektedir. Cami, uzun yıllar Müslümanlara ev sahipliği yapan İşbîliye şehrinin işgali sırasında ise bazı siyasi faaliyetler için kullanılmıştır. İşbîliye, devam eden savaşlar ve uzun süren kuşatma sonrası 1248 yılında Kastilya Kralı III. Fernando tarafından işgal edilmiştir. Cami bu tarihten sonra katedrale dönüştürülmüş, minberi ve Kur'an ayetlerinin yazılı olduğu İslam kültürüne dair bütün objeler buradan çıkarılmıştır. 1434 yılında Hristiyan yöneticilerin kararıyla caminin ana gövdesi tamamen yıktırılıp yerine Sevilla Katedrali inşa edilmiştir. İşbîliye Ulucami'nin günümüze ulaşan en önemli bölümü, İslam sanatının örneklerinden biri olan ve hala kullanılarak Sevilla'nın sembolü haline gelen "Giralda" minaresidir.

Anahtar kelimeler: İslam Tarihi, İslam Medeniyeti, Endülüs, Kurtuba, Camiler.

RELİGİOUS AND SCİENTİFİC LİFE İN THE DESTROYED AND CONVERTED MOSQUES İN ANDALUSİA GEOGRAPHY ACCORDİNG TO HİSTORİCAL SOURCES

ABSTRACT

Andalusia, conquered in 93/711 and brought under the banner of Islam, saw significant construction and development by Muslims. Spain, which still bears the traces of the civilization brought by Islam, remained under Muslim rule for 800 years. During this time, many mosques and grand mosques were built, located in the most central parts of the city. With the Christian takeover of the region, attempts were made to erase all traces of Muslim presence, especially

places of worship. This study examines the mosques that still exist today, albeit incomplete, and the changes they have undergone throughout history. One of the mosques examined in this study is the Grand Mosque of Seville. It was built during the Almohad period due to the increasing Muslim population in the city. Abdullah ibn Khalaf al-Lahmi al-Abbasi served as the imam of this mosque. It is known that the mosque hosted study circles in various fields, and students participated in circles related to their interests. During the occupation of Seville, a city that had long been home to Muslims, the mosque was used for certain political activities. Seville was occupied by King Ferdinand III of Castile in 1248 after ongoing wars and a long siege. The mosque was subsequently converted into a cathedral, and its pulpit and all objects related to Islamic culture, including those inscribed with Quranic verses, were removed. In 1434, by order of Christian rulers, the main body of the mosque was completely demolished and the Seville Cathedral was built in its place. The most important surviving part of the Great Mosque of Seville is the "Giralda" minaret, an example of Islamic art that is still in use and has become a symbol of Seville.

Keywords: İslamic History, Andalusia, İslamic Civilization, Cordoba, Mosques.

TÜRKİYE KENTLERİNİN HAVA KALİTESİ İYİLEŞİYOR MU? 81 İLDE PM_{10} KONSANTRASYONLARININ ZAMANSAL EĞİLİMLERİ (2017–2025)

Dr. Öğretim Üyesi Neşe AYDIN
Suleyman Demirel University, Faculty of Architecture, 32260 Çünür, Isparta
ORCID ID: 0000-0002-1914-3381

ÖZET

Hava kirliliği, kentsel çevre kalitesi ve halk sağlığı açısından önemli bir sorun olmaya devam etmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin 81 ilinde PM_{10} konsantrasyonlarının 2017–2025 dönemindeki değişimi, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının yıllık hava kalitesi bültenleri kullanılarak incelenmiştir. Kaynak tablolarındaki ölçüm yeterliliği işaretleri dikkate alınarak 1.734 istasyon-yıl gözlemi birleştirilmiş; yıllık istasyon kapsamı, ulusal sınır değer ve Dünya Sağlık Örgütünün (DSÖ) yıllık 15 µg/m³ rehber değeri karşılaştırılmıştır. Değişen izleme ağının etkisini ayırmak için dokuz yıl boyunca ölçüm bulunan 18 istasyon ile 2017 ve 2025'te ortak gözlemi bulunan 68 istasyon ayrıca değerlendirilmiştir. En az beş yıllık ölçüme sahip 184 istasyonda Mann–Kendall testi ve Sen eğimi hesaplanmış, çoklu testler Benjamini–Hochberg yöntemiyle düzeltilmiştir. Yeterli yıllık PM_{10} kaydı bulunan istasyon sayısı 2017'de 130 (71 il), 2025'te 187 (65 il) olmuştur. Eşleştirilen 68 istasyonun 55'inde (%80,9) konsantrasyon azalmış; ortanca değer 57,0'dan 41,5 µg/m³'e gerilemiştir. Bununla birlikte dokuz yıllık sabit 18 istasyonun ortanca serisi dalgalanmış, 2025'te değerlendirilen istasyonların %97,9'u DSÖ rehber değerini aşmıştır. Çoklu test düzeltmesinden sonra 14 istasyonda anlamlı tek yönlü eğilim saptanmıştır. Bulgular, belirli izleme noktalarında iyileşme görülmesine rağmen sağlık temelli hava kalitesi hedefine yaygın biçimde ulaşılamadığını göstermektedir. İstasyon kapsamındaki değişiklikler ve sınırlı mekânsal temsil gücü, il düzeyindeki genellemelerde dikkatli yorum gerektirmektedir.

Anahtar kelimeler: Hava kirliliği; PM_{10}; kentsel çevre kalitesi; zamansal eğilim; Türkiye.

ARE TURKISH CITIES BECOMING CLEANER? TEMPORAL TRENDS IN PM_{10} CONCENTRATIONS ACROSS 81 PROVINCES OF TÜRKİYE (2017–2025)

ABSTRACT

Long-term changes in ambient air pollution are central to assessing urban environmental quality. This study examined annual PM_{10} concentrations across Türkiye's 81 provinces during 2017–2025 using nine official air quality bulletins. After applying the data-coverage flags reported in the source tables, 1,734 station-year observations were compiled. Annual monitoring availability and exceedance of applicable Turkish limits and the World Health Organization's (WHO) 2021 annual guideline of 15 µg/m³ were assessed. To account for

network changes, an 18-station panel observed in all nine years and 68 stations observed at both endpoints were evaluated separately. Mann–Kendall tests and Sen's slope estimates were calculated for 184 stations with at least five annual observations, with Benjamini–Hochberg correction for multiple testing. Eligible PM_{10} data covered 130 stations in 71 provinces in 2017 and 187 stations in 65 provinces in 2025. Among the 68 endpoint-matched stations, concentrations decreased at 55 sites (80.9%), and the median declined from 57.0 to 41.5 $\mu g/m^3$. However, annual medians within the fixed nine-year panel fluctuated rather than declining uniformly. In 2025, 97.9% of eligible station means exceeded the WHO guideline. Fourteen station trends remained statistically significant after multiple-testing correction. These findings indicate that improvements at particular monitoring locations did not translate into widespread attainment of health-based air quality targets. Changes in station coverage, incomplete independent verification of data completeness and limited geographic representativeness constrain province-wide interpretation. The results support transparent, site-consistent monitoring and the joint reporting of concentration trends and absolute air quality benchmarks in environmental planning.

Keywords: Air pollution; PM_{10}; urban environmental quality; temporal trends; Türkiye.

1. GİRİŞ

Hava kirliliği kentlerde çevresel sürdürülebilirlik, halk sağlığı ve mekânsal planlama gündemlerinin ortak sorunlarından biridir. Aerodinamik çapı 10 µm ve altında olan partikül madde (PM_{10}), fosil yakıtların yakılması, taşıt trafiği, sanayi faaliyetleri, inşaat ve yol tozu ile doğal taşınım süreçlerinin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. PM_{10} düzeyleri emisyon miktarı kadar meteorolojik dağılım, topoğrafya ve çevredeki arazi kullanımından da etkilenir. Dolayısıyla bir istasyonda ölçülen yıllık ortalama, kentin bütün nüfusuna ait maruziyetin doğrudan karşılığı değildir (WHO, 2021).

Türkiye'de Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan yıllık Hava Kalitesi Bültenleri, istasyon bazlı ölçümlerin uzun süreli değerlendirilmesi için önemli bir açık veri kaynağıdır (ÇŞİDB, 2017–2025). Ancak izleme ağının büyüklüğü, istasyonların işletilme süreleri ve veri yeterliliği yıllar içinde değişmektedir. Bir yılın tüm istasyonlarının ortancası ile diğer yılın ortancasını karşılaştırmak, farklı yerlerde ölçüm yapılması nedeniyle gerçek bir zamansal eğilimi olduğundan farklı gösterebilir.

Bu araştırma, Türkiye'nin 81 ilini araştırma evreni olarak tanımlayarak 2017–2025 yıllık PM_{10} ölçümlerini incelemiştir. Üç soru yanıtlanmıştır: (i) ölçüm yapılan istasyonların konsantrasyonları ve ulusal/sağlık temelli eşik aşımı nasıl değişmiştir; (ii) aynı izleme noktaları

üzerinden yapılan karşılaştırmalar değişen ağın sunduğu görüntüden ayrışmakta mıdır; (iii) istasyon düzeyindeki farklı eğilimler çevresel planlama ve veri temsiliyeti açısından ne ifade etmektedir?

2. LİTERATÜR VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Kentsel hava kirliliği, kirletici kaynaklarının mekânsal dağılımı, arazi kullanım özellikleri ve yerel çevresel koşullara bağlı olarak farklılaşan heterojen bir olgudur. Yoğun ulaşım koridorları, endüstriyel faaliyetler, konutlarda ısınma amaçlı enerji kullanımı ve doğal toz kaynakları, aynı kent içerisinde yer alan hava kalitesi izleme istasyonlarında farklı kirletici konsantrasyonlarının ölçülmesine neden olabilmektedir. Şahin vd. (2024), İstanbul'daki çok sayıda izleme istasyonunun 2015–2021 dönemine ait ölçümlerini inceleyerek hava kirliliğinin kent içindeki mekânsal farklılaşmasını ortaya koymuştur. Bu bulgular, farklı konumlarda ve çevresel koşullarda bulunan izleme istasyonlarından elde edilen verilerin tek bir kent ortalamasına indirgenmesinin, yerel farklılıkları göz ardı edebileceğine işaret etmektedir. Bununla birlikte, hava kalitesi yalnızca mekânsal özelliklerden değil, insan faaliyetlerindeki dönemsel değişimlerden de etkilenmektedir. Aydın ve Yetişkul (2021), COVID-19 pandemisi sırasında uygulanan sokağa çıkma kısıtlamalarının hava kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiş ve kısıtlamaların uygulandığı günlerde PM_{10} konsantrasyonlarında azalma olduğunu belirlemiştir. Bu sonuç, kentsel faaliyetlerdeki değişimlerin hava kalitesi üzerindeki kısa dönemli etkilerinin değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Türkiye genelinde hava kirleticilerinin zamansal değişimini ele alan Acat vd. (2026), 2018–2024 dönemine ait verileri kullanarak hava kalitesindeki eğilimleri, izleme ağının kapsamını ve sağlık göstergeleriyle ilişkilerini değerlendirmiştir. Bu araştırmada ise inceleme dönemi 2017–2025 yıllarını kapsayacak şekilde genişletilmiş; istasyon bazında eşleştirilmiş başlangıç ve bitiş yılı karşılaştırmaları, dokuz yıllık kesintisiz gözlemlere dayanan sabit panel analizi ve istasyon düzeyindeki eğilim testleri birlikte kullanılmıştır. Böylece PM_{10} konsantrasyonlarının uzun dönemli değişiminin incelenmesinin yanı sıra, hava kalitesi izleme ağının kapsamındaki ve istasyon bileşimindeki değişikliklerin zamansal eğilimlerin yorumlanması üzerindeki olası etkileri de değerlendirilmiştir.

Hava kalitesindeki değişimlerin değerlendirilmesinde, kirletici konsantrasyonlarının zamansal eğilimlerinin yanı sıra ulusal mevzuatta tanımlanan sınır değerler ve sağlık temelli uluslararası rehber değerler de önem taşımaktadır. Türkiye'de yıllık PM_{10} sınır değeri, mevzuatta öngörülen uyum takvimi doğrultusunda 2017 yılında 48 $\mu g/m^3$, 2018 yılında 44 $\mu g/m^3$ ve 2019 yılından itibaren 40 $\mu g/m^3$ olarak uygulanmıştır. Buna karşılık Dünya Sağlık Örgütünün (DSÖ) 2021

yılında yayımladığı Küresel Hava Kalitesi Rehberi'nde yıllık PM_{10} konsantrasyonu için önerilen değer 15 µg/m³ olarak belirlenmiştir (WHO, 2021). Ulusal sınır değerler yasal düzenlemelere uyumun değerlendirilmesinde kullanılırken DSÖ rehber değeri, hava kirliliğinin sağlık açısından değerlendirilmesine yönelik bilimsel bir referans sunmaktadır. Dolayısıyla bu iki ölçütün birbirinden ayrıştırılması, kirletici konsantrasyonlarında gözlenen azalmanın sağlık temelli hava kalitesi hedeflerine ulaşılması anlamına gelip gelmediğinin değerlendirilmesi bakımından önemlidir. Bu araştırmada, ulusal sınır değerler ilgili yıllarda yürürlükte olan düzenlemeler çerçevesinde ele alınırken DSÖ'nün 2021 yılı rehber değeri, 2017–2025 döneminin tamamı için geriye dönük ve sabit bir karşılaştırma ölçütü olarak kullanılmıştır.

Hava kirliliğinin uzun dönemli değişiminin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde Mann–Kendall testi ve Sen eğimi tahmincisi yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan yöntemler arasındadır. Mann–Kendall testi zaman serilerindeki monoton eğilimlerin istatistiksel anlamlılığını değerlendirirken Sen eğimi tahmincisi bu değişimin büyüklüğünü ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, özellikle sınırlı sayıda yıllık gözlem içeren zaman serilerinde istatistiksel testlerin gücü azalabilmekte; otokorelasyon, analiz dönemi ve veri sürekliliği gibi faktörler sonuçların güvenilirliğini etkileyebilmektedir (Collaud Coen vd., 2020). Bu nedenle mevcut araştırmada eğilim testlerinden elde edilen bulgular, betimleyici istatistikler ve istasyonlar arası karşılaştırmalarla birlikte değerlendirilmiş; istatistiksel sonuçlar hava kalitesindeki değişimlerin olası yönünü ve büyüklüğünü ortaya koyan keşifsel kanıtlar olarak yorumlanmıştır.

3. VERİ VE YÖNTEM

3.1. Veri kaynakları ve araştırma evreni

Çalışmanın temel kaynakları ÇŞİDB'nin 2017–2025 dönemine ait dokuz yıllık Hava Kalitesi Bültenleridir. Bütün yıllar ortak il, istasyon adı ve yıl alanlarında eşleştirilmiş; PM_{10} değerleri µg/m³ biriminde saklanmıştır. Araştırma evreni 81 il olup her il-yıl kombinasyonunda ölçüm bulunması şartı varsayılmamıştır (toplam 81 × 9 = 729 kombinasyon).

3.2. Veri temizleme ve istasyon eşleştirme

Bültenlerde geçerli veri oranının %90 ölçütünü karşılamadığını gösteren yıldızla işaretli PM_{10} kayıtları ana analize alınmamış, boş değerler sıfır kabul edilmemiştir. İstasyon adları Türkçe karakter, büyük-küçük harf ve noktalama bakımından uyumlaştırılmıştır; il ve ayırt edici yer adı korunmuştur. 2024 İstanbul–Kartal bültenindeki 6.120 µg/m³ olarak yazılmış olağandışı kayıt, kaynağıyla teyit edilemediği için analizden çıkarılmıştır. 2021–2022 bültenlerinde yıldız

bulunmayan her kayıt için bağımsız olarak %90 yeterlilik oranını doğrulayacak ayrıntılı saatlik veri sunulmadığından, bu durum veri kısıtı olarak kabul edilmiştir.

İstasyonun resmî trafik/kentsel arka plan/endüstri sınıfı tüm yıllar için sistematik şekilde mevcut değildir. Bu yüzden istasyonlara isimlerinden hareketle kesin tip atanmamış; farklı istasyonların doğrudan tek bir temsilî il ölçümü gibi değerlendirilmesinden kaçınılmıştır. İl-yıl ortancaları yalnızca gözlenen istasyonların dağılımını betimlemek için hesaplanmıştır.

3.3. Göstergeler ve eğilim analizleri

Her yıl için geçerli istasyon sayısı, kapsanan il sayısı, istasyonların ortalama/ortanca yıllık PM_{10} değeri ve yürürlükteki ulusal sınır ile DSÖ 15 µg/m³ değerinin üzerindeki istasyon oranları hesaplanmıştır. Yalnızca aynı istasyona ait iki ardışık yıl gözlemi mevcut olduğunda yıllık yüzde değişim $100 \times (PM_{10,t} / PM_{10,t-1} - 1)$ formülüyle elde edilmiştir. Sabit nokta duyarlılık analizi için dokuz yılda da gözlemi olan 18 istasyonluk dengeli panel ve 2017 ile 2025'te gözlemi bulunan 68 istasyonluk uç-yıl karşılaştırması kullanılmıştır.

En az beş farklı yılda ölçümü bulunan istasyonlarda Mann–Kendall sıra ilişkisi ve Sen eğimi (tüm ikili yıl farklarından hesaplanan medyan eğim, µg/m³/yıl) uygulanmıştır. İstasyon başına p değerleri raporlanmış, 184 ayrı hipotez testi için yanlış keşif oranını kontrol eden Benjamini–Hochberg düzeltmesi yapılmıştır. Seriler meteorolojiye göre normalize edilmemiş, önbeyazlatma (prewhitening) uygulanmamıştır. Pandemi ve 2023 depremleri, neden-sonuç testine konu edilmeden yalnızca dönemsel bağlam olarak ele alınmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Yıllık gözlem kapsamı ve eşik değerler

Dokuz yıllık derleme sonucunda 1.734 uygun istasyon-yıl PM_{10} kaydı elde edilmiştir. 2017'de 71 ilde 130 istasyon veri sağlarken, 2019'da bu sayı 52 il ve 98 istasyona düşmüş; 2021'de 80 il ve 321 istasyonla dönem içindeki en geniş kapsama ulaşılmıştır. 2025'te 65 ilde 187 istasyon analize dâhil olmuştur. Dolayısıyla tüm istasyonların yıllık ortancaları değişen örneklem yapısından etkilenmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Yıllık PM_{10} göstergeleri ve gözlem kapsamı (2017–2025)

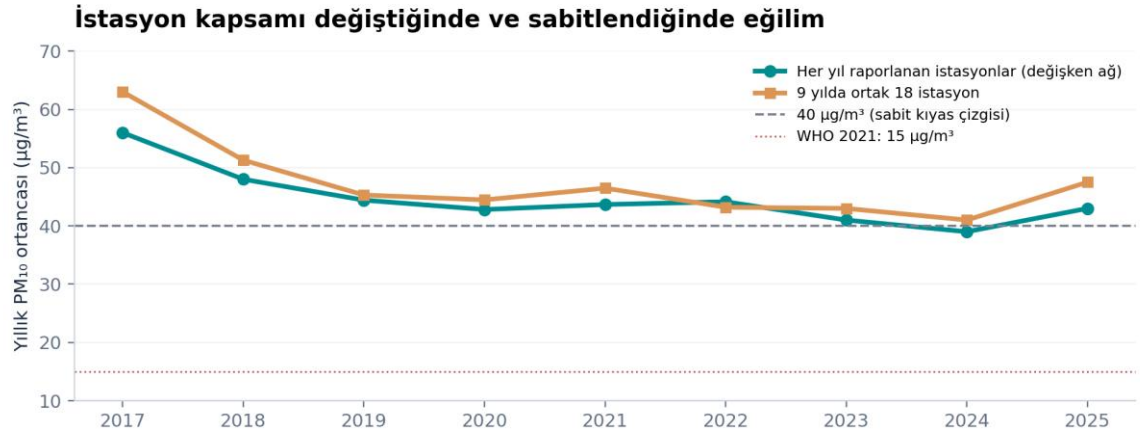
Yıl	İst.	İl	Ortanca	Ulusal sınır	> sınır (%)	>15 (%)
2017	130	71	56,00	48	64,6	100,0
2018	117	61	48,00	44	62,4	99,1
2019	98	52	44,42	40	66,3	98,0
2020	118	64	42,81	40	62,7	100,0
2021	321	80	43,67	40	62,9	98,4
2022	315	80	44,14	40	65,1	99,0
2023	228	71	41,00	40	50,4	97,4
2024	220	75	39,00	40	44,1	98,2
2025	187	65	43,00	40	55,1	97,9

Not: "İst." analize alınan istasyon sayısını, "Ortanca" yıllık istasyon ortalamalarının ortancasını (µg/m³) göstermektedir.

Değişken ağ üzerinden hesaplanan ortanca yıllık PM_{10} değeri 2017'de 56,0 µg/m³, 2024'te 39,0 µg/m³ ve 2025'te 43,0 µg/m³ olarak bulunmuştur. Yürürlükteki ulusal PM_{10} sınırını aşan istasyon oranı 2017'de %64,6, 2024'te %44,1 ve 2025'te %55,1'dir. Buna karşılık DSÖ'nün yıllık 15 µg/m³ değerinin üzerindeki oran her yıl %97,4–100,0 aralığında kalmıştır. Bu durum, göreli iyileşmenin sağlık temelli hedefe ulaşılmasını garanti etmediğini ortaya koymaktadır.

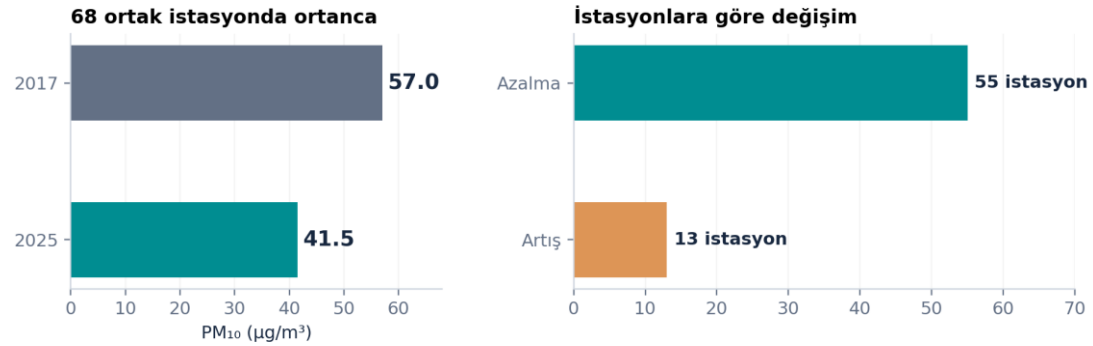
4.2. Sabit istasyonlarda değişim

Ağın bileşiminden kaynaklanan yanlılığı azaltmak amacıyla dokuz yıl boyunca gözlemi bulunan 18 istasyon sabit panel oluşturmuştur. Bu grubun ortancası 2017'de 63,0 µg/m³ iken 2024'te 41,0 µg/m³'e gerilemiş, 2025'te 47,5 µg/m³'e yükselmiştir (Şekil 1). Aynı istasyonların yıllık serisi doğrusal ve kesintisiz bir iyileşme göstermemektedir. Bu nedenle 2024'teki düşük ortanca tek başına kalıcı bir eğilimin kanıtı değildir.



Şekil 1. Değişken izleme ağının ortancası ve dokuz yıl boyunca ölçülen ortak 18 istasyonun ortancası. *40 ve 15 µg/m³ çizgileri karşılaştırma amaçlıdır.*

2017 ve 2025 yıllarında ortak verisi bulunan 68 istasyonun 55'inde (%80,9) PM_{10} konsantrasyonu azalmış, 13'ünde artmıştır. Bu 68 istasyondaki medyan değer 57,0'dan 41,5 µg/m³'e düşmüştür (Şekil 2). Uç-yıl karşılaştırması genel bir iyileşme işareti sunsa da ara yıllardaki dalgalanmaları ve istasyonlar arasındaki farkları tek başına açıklamamaktadır.



Şekil 2. Aynı 68 izleme noktasında 2017 ve 2025 uç-yıl karşılaştırması

4.3. Mann–Kendall ve Sen eğimi sonuçları

En az beş farklı yıl gözlemi olan 184 istasyonda Sen eğimi negatif 135, pozitif 48 ve sıfır 1 istasyonda hesaplanmıştır. Düzeltilmemiş $p < 0,05$ koşulunu 43 istasyon sağlamış; Benjamini–Hochberg çoklu test düzeltmesinden sonra 14 istasyonda anlamlı eğilim kalmıştır. Bu istasyonların 13'ünde azalma, birinde artış saptanmıştır. Örneğin Burdur istasyonunda Sen eğimi −3,16 µg/m³/yıl (düzeltilmiş p=0,018), Malatya istasyonunda +4,07 µg/m³/yıl (düzeltilmiş p=0,037) bulunmuştur. Bunlar tek bir ilin genel hava kalitesi değil, belirli izleme noktalarının sonuçlarıdır.

Türkiye'nin 81 iline ait 729 il-yıl kombinasyonundan 619'unda en az bir geçerli istasyon kaydı bulunmaktadır; 110 kombinasyonda uygun kayıt yoktur. İl ortancalarının zaman içindeki değişimi, aynı ilde istasyon sayısı ve tipinin değişebilmesi nedeniyle temkinli yorumlanmıştır.

5. TARTIŞMA

Araştırmanın temel bulgusu, hava kalitesindeki iyileşmenin kullanılan karşılaştırma birimine, izleme ağının kapsamına ve referans alınan eşik değerlere bağlı olarak farklı biçimlerde yorumlanabilmesidir. Çalışmada 2017 ve 2025 yıllarında ortak ölçümü bulunan 68 istasyonun 55'inde (%80,9) yıllık PM_{10} konsantrasyonlarının azaldığı ve eşleştirilmiş istasyonların ortanca değerinin 57,0 µg/m³'ten 41,5 µg/m³'e gerilediği belirlenmiştir. Bununla birlikte, dokuz yıllık kesintisiz gözleme sahip 18 istasyonun oluşturduğu sabit panelde konsantrasyonların doğrusal ve sürekli bir azalma göstermediği, 2025 yılında ise değerlendirilen istasyonların %97,9'unda Dünya Sağlık Örgütünün (DSÖ) yıllık 15 µg/m³ rehber değerinin aşıldığı görülmektedir. Bu bulgular, kirletici konsantrasyonlarında gözlenen göreli iyileşmenin, sağlık temelli hava kalitesi hedeflerine ulaşılmasıyla aynı anlama gelmediğini göstermektedir. DSÖ'nün (2021) hava kalitesi rehberi, partikül maddeye maruziyetin daha düşük konsantrasyonlarda da sağlık açısından risk oluşturabildiğine ilişkin bilimsel kanıtlara dayanmaktadır. Dolayısıyla yalnızca ulusal mevzuatta tanımlanan sınır değerlere uyumun değerlendirilmesi, kentlerin hava kalitesi performansını sağlık perspektifinden ortaya koymak açısından yeterli değildir. Ayrıca Türkiye'de yıllık PM_{10} sınır değerinin 2017 yılında 48 µg/m³, 2018 yılında 44 µg/m³ ve 2019 yılından itibaren 40 µg/m³ olarak uygulanması, farklı yıllara ait mevzuata uyum oranlarının doğrudan karşılaştırılmasını sınırlandırmaktadır. Bu nedenle hava kalitesindeki değişimlerin değerlendirilmesinde, kirletici konsantrasyonlarının zamansal eğilimleri ile sabit sağlık temelli referans değerlere göre durumlarının birlikte ele alınması önem taşımaktadır.

Hava kalitesi izleme ağının zaman içerisinde değişmesi, uzun dönemli karşılaştırmaların güvenilirliğini etkileyen bir diğer önemli faktördür. Bu araştırmada analize dâhil edilen istasyon

sayısının 2019 yılında 98, 2021 yılında 321 ve 2025 yılında 187 olması, yıllık gözlem kümelerinin kapsam ve bileşim bakımından önemli ölçüde farklılaştığını göstermektedir. Bu durum, farklı yıllarda hesaplanan istasyon ortancalarının aynı mekânsal örneklemi temsil etmediğine işaret etmektedir. Nitekim Yatkin vd. (2020), İtalya'nın Varese kentinde $PM_{2.5}$ konsantrasyonlarının mekânsal dağılımını inceleyerek tek bir izleme istasyonunun çevresindeki alanı temsil etme kapasitesinin kirletici bileşimine ve kaynak katkılarına göre değişebildiğini ortaya koymuştur. Türkiye bağlamında Şahin vd. (2024), İstanbul'daki 37 hava kalitesi izleme istasyonunun 2015–2021 dönemine ait verilerini değerlendirerek kirleticilerin kent içindeki mekânsal dağılımında belirgin farklılıklar bulunduğunu ve PM_{10} konsantrasyonlarının özellikle endüstriyel faaliyetlerden etkilenebildiğini göstermiştir. Bu çalışmalar, hava kalitesi izleme istasyonlarının konumlarının ve çevresel özelliklerinin dikkate alınmasının önemini desteklemektedir. Dolayısıyla mevcut araştırmada yıllar arasında gözlenen istasyon ortancalarındaki değişimler, bütün illerin veya kentsel nüfusun hava kalitesindeki değişimin doğrudan göstergesi olarak yorumlanmamıştır. Bunun yerine, aynı istasyonların farklı yıllardaki ölçümlerinin karşılaştırılması ve dokuz yıllık sabit panelin oluşturulması yoluyla izleme ağındaki değişimlerden kaynaklanabilecek farklılıkların etkisi sınırlandırılmaya çalışılmıştır.

Kentsel planlama açısından değerlendirildiğinde, araştırma bulguları hava kirliliğinin yerel kaynaklar ve mekânsal koşullar çerçevesinde ele alınması gerektiğine işaret etmektedir. Şahin vd. (2024), İstanbul'da kirletici konsantrasyonlarının farklı kaynaklardan etkilendiğini ve uzun dönemli eğilimlerin kirletici türlerine göre değişebildiğini ortaya koymuştur. Bu durum, hava kalitesinin iyileştirilmesine yönelik politikaların yalnızca kent genelinde belirlenen hedeflere dayanmaması, ulaşım koridorları, endüstriyel faaliyet alanları, konut ısınması ve toz kaynakları gibi yerel koşullarla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, ölçülen konsantrasyonlar yalnızca emisyon miktarlarının değil, meteorolojik koşulların da etkisi altındadır. Grange ve Carslaw (2019), meteorolojik normalizasyon yönteminin hava kalitesi zaman serilerindeki değişimlerin yorumlanmasında önemli olduğunu ve meteorolojik etkiler kontrol edildiğinde bazı müdahalelerin sonuçlarının ham ölçüm serilerinden farklı biçimde ortaya çıkabildiğini göstermiştir. Mevcut araştırmada trafik hacmi, arazi kullanımındaki değişimler, emisyon envanteri ve meteorolojik değişkenler analiz kapsamına alınmadığından, PM_{10} konsantrasyonlarında belirlenen azalma veya artışların doğrudan belirli bir kentsel planlama ya da çevre yönetimi politikasına bağlanması mümkün değildir. Bununla

birlikte, istasyon düzeyindeki farklılaşmalar, daha ayrıntılı mekânsal analizler ve yerel kaynak araştırmaları için öncelikli alanların belirlenmesine katkı sağlayabilecek niteliktedir.

Araştırma döneminde meydana gelen olağan dışı olaylar da hava kalitesindeki zamansal değişimlerin yorumlanmasında dikkate alınması gereken unsurlar arasındadır. Özellikle COVID-19 pandemisi sırasında uygulanan hareketlilik kısıtlamaları, kentsel ulaşım ve ekonomik faaliyetlerde kısa dönemli değişikliklere neden olmuştur. Aydın ve Yetişkul Şenbil (2021), İzmir metropoliten alanındaki sekiz hava kalitesi izleme istasyonunun verilerini kullanarak sokağa çıkma kısıtlamalarının uygulandığı günlerde PM_{10} konsantrasyonlarının genel olarak azaldığını belirlemiştir. Bu bulgu, kentsel hareketlilikteki değişimlerin hava kalitesi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Bununla birlikte, kısa dönemli kısıtlamalar sırasında gözlenen iyileşmelerin uzun dönemli hava kalitesi eğilimlerine ne ölçüde yansıdığının belirlenebilmesi için mevsimsel ve meteorolojik etkilerin ayrıca kontrol edilmesi gerekmektedir. Benzer şekilde, 6 Şubat 2023 depremleri de özellikle etkilenen illerde kentsel faaliyetlerin, yapı stokunun, yıkım ve enkaz kaldırma süreçlerinin ve hava kalitesi izleme koşullarının değişmesine neden olabilecek önemli bir olaydır. Şahin ve Kaynak (2024), deprem bölgesindeki istasyon ölçümleri ve uydu gözlemlerini kullanarak depremler çevresindeki kısa dönemli kirletici değişimlerini incelemiş ve bazı kirleticiler açısından dikkat çekici zamansal ve mekânsal farklılıklar belirlemiştir. Ancak mevcut araştırmada kullanılan yıllık PM_{10} ortalamaları, bu tür olayların kısa dönemli etkilerini diğer kirletici kaynaklarından ve meteorolojik değişkenlikten bağımsız olarak değerlendirmek için yeterli değildir.

Araştırmanın bazı yöntemsel sınırlılıkları bulunmaktadır. Öncelikle, yıllık hava kalitesi bültenlerinde yer alan istasyon adlarının ve ölçüm kayıtlarının birleştirilmesi uzun dönemli karşılaştırmaya olanak sağlamakla birlikte, tüm istasyonların resmî tanımlayıcılarının, koordinatlarının ve konumsal sürekliliğinin bağımsız olarak doğrulanamaması eşleştirmelerde belirsizlik yaratmaktadır. Ayrıca 2021–2022 döneminde bazı istasyonların yıllık veri yeterliliğinin bağımsız olarak doğrulanamaması ve ölçüm istasyonlarının çevresel özelliklerinin bütün dönemler için standart biçimde tanımlanmamış olması, sonuçların mekânsal temsil gücünü sınırlandırmaktadır. İstatistiksel açıdan ise yıllık ölçümlere dayanan dokuz yıllık zaman serisi, uzun dönemli monoton eğilimlerin belirlenmesi açısından görece kısa bir gözlem dönemi sunmaktadır. Collaud Coen vd. (2020), Mann–Kendall testi ve Sen eğimi tahmincisinin sonuçlarının zaman serisinin uzunluğundan, zamansal çözünürlüğünden, otokorelasyondan ve analiz döneminin seçiminden etkilenebildiğini göstermiştir. Bu nedenle mevcut çalışmada elde edilen istatistiksel eğilimler, uzun dönemli değişimin kesin kanıtları

olarak değil, betimleyici sonuçları destekleyen keşifsel bulgular olarak değerlendirilmiştir. Gelecekte istasyonların resmî kimlik ve konum bilgilerini, daha yüksek zamansal çözünürlüklü ölçümleri, meteorolojik değişkenleri ve nüfusun mekânsal dağılımını birlikte ele alan araştırmaların, Türkiye kentlerinde hava kalitesinin değişimini ve bu değişimin olası belirleyicilerini daha kapsamlı biçimde ortaya koyabileceği düşünülmektedir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye'nin 81 ilinde 2017–2025 dönemine ait 1.734 istasyon-yıl PM_{10} gözlemi değerlendirilerek hava kalitesinin zamansal değişimi incelenmiştir. Bulgular, 2017 ve 2025 yıllarında ortak ölçümü bulunan 68 istasyonun 55'inde (%80,9) PM_{10} konsantrasyonlarının azaldığını göstermiştir. Bununla birlikte, dokuz yıllık kesintisiz ölçümlere sahip 18 istasyonun oluşturduğu sabit panelde sürekli bir iyileşme gözlenmemiş ve 2025 yılında değerlendirilen istasyonların %97,9'unda Dünya Sağlık Örgütünün yıllık 15 $\mu g/m^3$ rehber değeri aşılmıştır. Bu sonuçlar, belirli izleme noktalarında hava kalitesi iyileşmesine rağmen sağlık temelli hedeflere ulaşılması açısından önemli sorunların devam ettiğini ortaya koymaktadır.

Araştırma, hava kalitesi performansının yalnızca kirletici konsantrasyonlarındaki değişim üzerinden değil, izleme ağının sürekliliği, mekânsal temsil gücü ve sağlık temelli eşik değerler birlikte dikkate alınarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Kentsel planlama ve çevre yönetimi açısından izleme istasyonlarının konum, tür ve veri yeterliliği bilgilerinin standartlaştırılması; hava kirliliğinin mekânsal dağılımına göre yerel müdahalelerin önceliklendirilmesi önem taşımaktadır. Gelecekte meteorolojik koşullar, emisyon kaynakları, arazi kullanımı ve nüfus maruziyetinin birlikte değerlendirildiği çalışmalar, hava kalitesindeki değişimlerin nedenlerinin anlaşılmasına ve daha etkili, kanıta dayalı kentsel politikaların geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Aydın, N., & Yetişkul, E. (2021). Sokağa çıkma yasaklarının kentlerin hava kalitesi üzerindeki etkisi, İzmir örneği. İdealkent, (COVID-19 Sonrası Kentsel Kamusal Mekânların Dönüşümü), 389-414. https://doi.org/10.31198/idealkent.880951

Collaud Coen, M., Andrews, E., Bigi, A., Martucci, G., Romanens, G., Vogt, F. P. A., & Vuilleumier, L. (2020). Effects of the prewhitening method, the time granularity, and the time segmentation on the Mann–Kendall trend detection and the associated Sen's slope. Atmospheric Measurement Techniques, 13, 6945–6964. https://doi.org/10.5194/amt-13-6945-2020

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB). (2017–2025). Hava Kalitesi Bülteni: yıllık sayılar 2017–2025. https://ced.csb.gov.tr/hava-kalitesi-haber-bultenleri-84139

Grange, S. K., & Carslaw, D. C. (2019). Using meteorological normalisation to detect interventions in air quality time series. Science of the Total Environment, 653, 578–588. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.344

World Health Organization (WHO). (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228

Şahin, Ü. A., Ayvaz, C., Hama, S., Onat, B., Uzun, B., Dogan, M., Bediroglu, G., & Harrison, R. M. (2024). Assessment of ambient particulate matter and trace gases in Istanbul: Insights from long-term and multi-monitoring stations. Atmospheric Pollution Research, 15(5), 102089. https://doi.org/10.1016/j.apr.2024.102089

Şahin, Ü. A., Ayvaz, C., Hama, S., Onat, B., Uzun, B., Dogan, M., Bediroglu, G., & Harrison, R. M. (2024). Assessment of ambient particulate matter and trace gases in Istanbul: Insights from long-term and multi-monitoring stations. Atmospheric Pollution Research, 15(5), 102089. https://doi.org/10.1016/j.apr.2024.102089

Acat, Ö., Acat, S., & İmre, O. (2026). National trends in ambient air pollutants and cause-specific mortality in Türkiye, 2018–2024: An ecological time-trend study. Atmosphere, 17(9), 832. https://doi.org/10.3390/atmos17090832

Collaud Coen, M., Andrews, E., Bigi, A., Martucci, G., Romanens, G., Vogt, F. P. A., & Vuilleumier, L. (2020). Effects of the prewhitening method, the time granularity, and the time segmentation on the Mann–Kendall trend detection and the associated Sen's slope. Atmospheric Measurement Techniques, 13, 6945–6964. https://doi.org/10.5194/amt-13-6945-2020

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ege Temiz Hava Merkezi. (t.y.). Hava kalitesinin izlenmesi ve PM_{10} sınır değerleri. https://egethm.csb.gov.tr/hava-kalitesinin-izlenmesi-87406

Yatkin, S., Gerboles, M., Belis, C. A., Karagulian, F., Lagler, F., Barbiere, M., & Borowiak, A. (2020). Representativeness of an air quality monitoring station for $PM_{2.5}$ and source apportionment over a small urban domain. Atmospheric Pollution Research, 11(2), 225–233. https://doi.org/10.1016/j.apr.2019.10.004

THE SHOP WINDOW AS A MICRO-LANDSCAPE: THE ROLE OF NATURE-BASED INSTALLATIONS IN ATMOSPHERE, SPATIAL EXPERIENCE, AND BRAND IDENTITY

Assist. Prof. Dr., Aysel YAVUZ
Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, Trabzon, Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-9425-2054
ayavuz75@homail.com

Abstract

Contemporary luxury retail environments are increasingly moving beyond conventional product-oriented displays toward visually immersive and experience-driven environments. Within this transformation, nature is employed not merely as a decorative element but as a spatial medium for attracting attention, generating sensory experiences, and communicating brand identity. This study investigates the changing role of nature-based installations and landscape compositions in contemporary luxury retail windows, with particular attention to living vegetation, natural materials, artificial and hyper-realistic representations of nature, miniature landscapes, and spatially integrated natural elements. Through a qualitative visual content analysis of selected luxury brand window displays, the study examines how natural and landscape-related elements are composed, how they contribute to visual and sensory atmospheres, and how they mediate the relationship between passers-by and brands. The study proposes a conceptual framework that approaches the contemporary retail window not merely as a surface for product presentation but as a spatial interface capable of producing experience. Within this framework, landscape is considered an active design component that simultaneously attracts attention, constructs atmosphere, establishes spatial narratives, and communicates brand identity. The transformation of the retail window thus points to an emerging form of retail communication in which brief encounters within pedestrian movement can be transformed into moments of pause, observation, exploration, and digital sharing. By bringing landscape architecture into dialogue with retail and brand communication, this study aims to reveal the potential of nature-based design to generate experience and spatial meaning within contemporary luxury retail environments.

Keywords: Visual communication; sensory experience; spatial narrative; brand identity; retail environment; visual content analysis.

1. INTRODUCTION

Understanding consumers' emotional responses is one of the key elements in creating and managing a successful shopping environment. This is because consumers' perceptions of the physical environment and their emotional responses to it can directly influence their shopping

behaviour (Lecointre-Erickson et al., 2018). In this process, visual merchandising (VM) is a key strategic tool used to attract customers' attention, support their purchasing tendencies and encourage specific shopping behaviours (Florea et al., 2025). According to Bist and Mehta (2023), shop windows are one of the fundamental visual merchandising tools that enable retailers to communicate with consumers. Forming the outward-facing face of the shop, shop windows fulfil the functions of attracting attention, directing consumers into the shop, showcasing products and reflecting brand identity. In this respect, the traditional retail shop window is not merely a means of increasing product visibility and encouraging purchasing behaviour; it is a space for communication where the consumer's first visual and perceptual relationship with the shop is formed (Figure 1).



Figure 1. The relationship between pedestrian traffic, visual perception and the act of purchasing in traditional shop windows

The impact of shop windows on consumer behaviour is also explained in terms of their ability to attract attention and influence the intention to enter a shop. Consumers use shop windows to understand the products on offer and the shop's overall identity, to make their initial assessments regarding shopping, and to decide whether or not to enter the shop. It has been demonstrated that creative window displays attract consumers' attention and positively influence their intention to enter the shop. The study by Oh and Petrie (2012) shows that both artistic and product-focused shop windows have a positive effect on the intention to enter a shop; however, this effect may vary depending on variables such as cognitive load (high/low) and shopping motivation (purchase-oriented/recreational) (Lecointre-Erickson et al., 2018). Similarly, Florea et al. (2025), by examining the impact of visual merchandising and shop layout on consumers' purchasing decisions, highlight the importance of window display, lighting, product placement and spatial organisation in terms of consumer behaviour. These findings demonstrate that window display design is not merely a means of making products visible, but rather forms part of a more comprehensive design approach that shapes consumer perception and the shopping experience.

The retail environment is formed by the combination of physical and sensory components such as design, decoration, lighting, music and cleanliness (Andreu et al., 2006). However,

particularly in the window displays of contemporary luxury brands, distinct spatial and visual approaches that go beyond the traditional, product-focused display paradigm are attracting attention. Comprehensive environmental set-ups utilising elements such as live plants, natural materials, water, rock, earth, topography, artificial nature and hyper-realistic landscape representations—rather than the direct display of the product—transform the shop window into a small-scale micro-landscape. Consequently, the shop window ceases to be merely a decorative arrangement confined within the shop's visual boundaries; it becomes an experiential spatial composition that establishes a visual connection with urban pedestrian traffic, possessing the potential to attract attention, prompt people to pause and encourage exploration.

In this transformation, botanical, natural and artificial landscape elements are emerging as key design components in the creation of visual narratives that convey a specific story, emotion or concept. Whilst plant material, water, stone, soil, mist, light, topography, natural materials and ecological imagery are traditionally regarded as components of open-space design, today they are evolving into design tools that contribute to the spatial expression of brand identity and communication strategies within commercial spaces. By considering these elements in conjunction with light, shadow, colour, texture, void and spatial composition, the shop window is transformed from a merely visually perceived surface into an atmospheric environment that evokes sensory and emotional responses. Cecchi (2026) emphasises that contemporary shop windows should be regarded not merely as a means of display and attracting attention, but also as a tool for creating a threshold and an atmosphere. According to the author, the shop window possesses the character of an environmental and temporal space that either interrupts or reshapes the urban experience, giving rise to new forms of perception and relationships with the staged environment. Within this framework, landscape elements can be regarded as spatial representations of brand identity, expressing the brand's values, aesthetic approach and character through the physical environment.

This multidimensional nature of shop windows also demonstrates that communication with the consumer is not limited to the moment of first encounter. Shop windows form the starting point of the shopping experience by conveying information about product type, product positioning, promotional strategies and corporate image (Liang et al., 2026). Their functions of attracting consumers and conveying messages through unique visual scenes further enhance the importance of shop windows in visual communication (Florea et al., 2025). From this perspective, shop windows are regarded as one of the physical environmental components that shape the shopping experience (Lecointre-Erickson et al., 2018). Visual merchandising is a

retail communication strategy that aims to attract consumers' attention through the strategic display of products, invite them into the shop, encourage their participation in shopping, and support them in spending more time inside the shop (Florea et al., 2025). The potential of shop windows to attract consumer attention and support brand sales highlights the importance of this field within retail strategies. It is noted that, particularly in clothing shops, environmental factors such as lighting, temperature, colour, music, product variety and spatial layout are coordinated in a way that influences the consumer experience and sales (Roozen, 2019). Today, the transformation of shop windows into more immersive and visually striking environments also increases their potential to be photographed, shared on digital platforms and circulated further. Thus, the shop window transcends the physical encounter within the shop environment and becomes a communication medium that contributes to the brand's digital visibility (Figure 2). The stages presented in the figure do not represent observed user behaviours, but rather potential forms of interaction that may arise based on the visual and spatial characteristics of experiential shop windows.

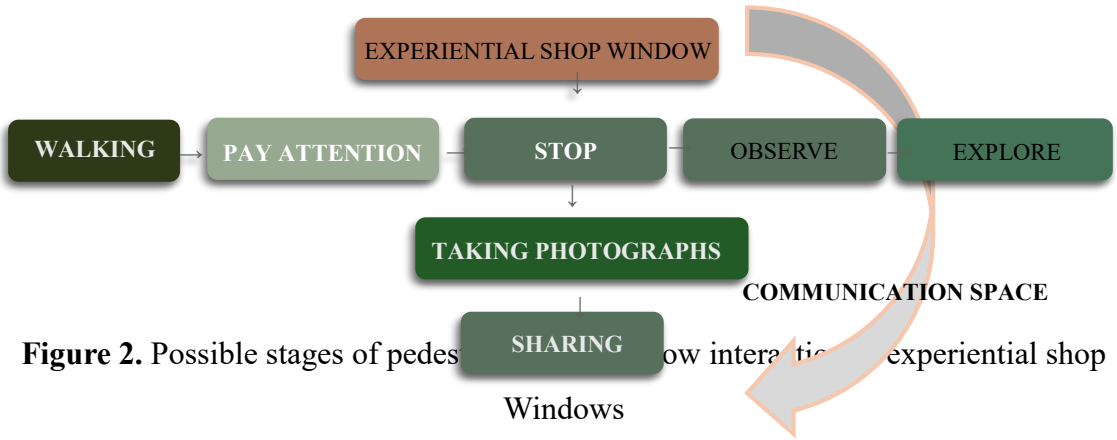


Figure 2. Possible stages of pedes ow intera ti experiential shop Windows

At this point, it is insufficient to assess the spatial nature of the shop window solely in terms of the physical boundary between the interior and exterior of the shop. Beyond serving as a simple and transparent divider between the interior and exterior spaces, or as a functional tool for displaying products, the shop window can be regarded as an intermediate space where perceptual and sensory interaction takes place between the individual and the shop's interior. Cecchi (2026) defines the shop window as a threshold, a microcosm and a sensitive living space; he notes that this space can influence the way an individual perceives and experiences their surroundings. In line with this approach, the shop front ceases to be merely a surface defining the boundary of a commercial structure; instead, it acquires the character of an urban stage that attracts attention within the urban landscape, briefly interrupts pedestrian flow and offers the observer a temporary experience. Particularly in nature-based window display

designs where the product takes a visual back seat, the relationship between the brand and the consumer can be established not only through product information and direct sales messages, but also through attention, atmosphere, experience and digital sharing.

This aspect of the shop window makes it possible to regard it not merely as a commercial communication tool, but also as a spatial field of expression that generates cultural meanings and visual narratives. Cecchi (2026) notes that the shop window is a communicative act integrated into the urban landscape; by producing narratives, images and dreams, it can influence the spatial and social relationships in its surroundings. For this reason, shop window design should be approached not as a neutral display activity, but as a design practice that engages with the urban environment and generates specific meanings. This approach can also be linked to theoretical assessments concerning the formation of a sense of place. Drawing on the work of Punter (1991) and Montgomery (1998), Warnaby (2009) argues that a sense of place is shaped by activities (land use, functional diversity and the social environment), meaning and imagery (symbolism, memory, the legibility of space and cultural associations), and the physical environment and form (scale, permeability and the characteristics of the built environment). This framework allows shop windows to be assessed not only on the basis of their physical characteristics, but also in terms of the perceptions, meanings and opportunities for interaction they create in their surroundings.

In contemporary consumer culture, shop windows are also an important part of the processes of aestheticisation and visual display. Every design element used in shop windows contributes not only to the presentation of the product but also to the creation of the brand's symbolic value and identity (Cecchi, 2026). Particularly in the fashion sector, shop windows fulfil functions such as informing consumers, generating interest and excitement, directing customers towards shopping, reflecting lifestyles and highlighting the brand's innovative side. In this respect, the shop window acts as a kind of business card, making the shop's identity, products, promotions and events visible. Strengthening the brand's image, creating a compelling visual narrative and supporting sales are among the primary functions (Florea et al., 2025). The famous shop windows of stores such as Printemps in Paris, Selfridges in London and Barneys in New York can be considered prominent examples of this narrative and creative approach. The potential of shop windows to generate urban and social meaning can also be linked to the discussions on consumer culture, urban life and perceptual transformation that Walter Benjamin explored in his work Das Passagen-Werk (1927–1940) through the lens of passageways and shop windows (Cecchi, 2026).

Previous research has also demonstrated that creative window displays attract consumers' attention and positively influence their perceptions of a shop's image (Lecointre-Erickson et al., 2018). However, the increasing use of natural and landscape elements within increasingly comprehensive spatial compositions in contemporary luxury retail shop windows necessitates that shop window design be evaluated not only in terms of its commercial and visual communication dimensions, but also from the perspective of landscape architecture. In this regard, the central research question of this study is to elucidate how landscape, in contemporary luxury retail shop windows, transcends its role as a mere decorative element to function as a micro-landscape, an experiential environment, a visual narrative, a creator of atmosphere, a spatial representation of brand identity, and an urban stage. In this context, the research examines how nature-based design elements can transform fleeting encounters within pedestrian flow into experiential interactions, and how they establish a relationship between physical space and digital visibility.

1.1. Research gaps in the literature and research questions

In order to understand the experiential and spatial dimensions that shop window design has acquired today, it is important first to examine the historical development and artistic foundations of this design practice. Over the course of history, shop windows have evolved from being merely commercial displays for products into fields of practice where art, design and visual communication intersect. Meakin (2022) examines the window displays created by László Moholy-Nagy—a key representative of the Bauhaus design philosophy—for Simpson's Piccadilly store in London, thereby addressing the historical development of modern display approaches and the relationship between art and commerce. The study is significant in that it demonstrates that modern shop window design had already developed within certain design traditions in England prior to Moholy-Nagy's arrival. This historical perspective lays the groundwork for evaluating the shop window not merely as a means of product presentation, but as a design environment where spatial composition, visual arrangement and forms of artistic expression converge.

Today, for fashion brands to stand out in a competitive retail environment, it is not only a matter of displaying new products and collections within the shop, but also of developing visual merchandising strategies that effectively communicate fashion trends and brand values. Understanding these strategies enables the formulation of design decisions regarding how, when and where products are displayed. Effective window displays contribute to brands engaging with their target audiences and help shape the brand image in consumers' minds (Liang et al.,

2026). In this context, research conducted on luxury retail and window display design has evolved across various fields of study, including visual merchandising, retail atmosphere, sensory marketing, experiential consumption, brand experience and consumer behaviour. Whilst these studies highlight the impact of the physical environment on consumer perception and the relationship established with the brand, they primarily evaluate window display design within the context of visual communication, product presentation and commercial strategies.

This communicative and experiential nature of shop windows is, at times, expressed through a theatrical spatial arrangement. Florea et al. (2025) regard shop windows as retail communication spaces that establish a direct relationship between the consumer and the product, offering a kind of staged experience through creative compositions and eye-catching visual arrangements. Such displays may utilise various visual and auditory elements, such as music, lighting, form, film, dance and live performance. Consequently, rather than being a passive surface on which products are displayed, a shop window can be regarded as a dynamic spatial arrangement that directs the consumer's attention and perception, staging a specific narrative and experience.

However, it is evident that, in recent years, the design characteristics underlying the natural and landscape-based displays used particularly in the shop windows of luxury brands, the ways in which different landscape components are brought together, and how these compositions transform the traditional product-focused approach to display have not been addressed in a sufficiently comprehensive manner from the perspective of landscape architecture. Whilst the existing literature contains studies on the effects of shop windows on consumer behaviour, visual communication, brand identity and experiential marketing, there is a need for research that evaluates the role of landscape elements in shop window design collectively through the prism of spatial composition, atmosphere, experience and relationships with the urban environment. Consequently, the research gap addressed by this study lies in the necessity of examining the presence of nature and landscape in retail shop windows not merely as a visual theme or decorative element, but as a holistic set of specific design decisions, spatial relationships and experiential qualities.

Building on this gap, this research focuses on the central research question: 'How does landscape, in contemporary luxury retail window displays, transform from a background element into an experiential design tool?' In this context, the study first examines the landscape elements used in luxury brand window displays and the spatial and visual compositions within which these elements are arranged. Furthermore, the atmospheric and experiential qualities

created by natural and hyper-realistic landscape designs, the roles that landscape components assume beyond their traditional function of product display, and the relationships these design approaches establish with brand identity are evaluated. Another dimension of the research concerns the urban location of shop windows and their relationship with pedestrians. In this context, the study investigates how shop window design can be regarded not merely as a display activity confined to the shop's boundaries, but as a design practice that engages with the urban environment through pedestrian movement, visual perception, fleeting encounters and public experience.

Research questions:

1. Which botanical, natural and artificial landscape elements are used in luxury retail shop windows?
2. How are these elements combined using which principles of spatial composition, scale, depth and visual arrangement?
3. What atmospheric qualities and forms of visual narration do landscape-based shop window designs convey, and what potential for experience do they offer?
4. How are landscape-based shop window designs linked to product presentation and brand identity; and what opportunities do they offer in terms of visual perceptibility, exploration and photogenic appeal at pedestrian scale?

2. MATERIALS AND METHODS

The research is based on purposeful sampling and visual content analysis methods within the framework of qualitative research, with the aim of examining nature- and landscape-based design approaches in contemporary luxury retail shop windows. The study's sample comprises 16 shop window installations belonging to nine luxury brands that stand out for their distinctive window designs and creative designer collaborations, and which enjoy international recognition and public visibility. These brands are Louis Vuitton, Dior, Hermès, Gucci, Prada, Loewe, Chanel, Cartier and Fendi.

The selection of the brands was based on the following key criteria: their prominence within the international luxury retail sector; their recognisability amongst a broad consumer base; their use of window display design as a visual and spatial expression of their brand identity; and their possession of original window display installations developed in collaboration with artists, designers or creative teams. Furthermore, the fact that the shop window designs carried out during different periods were documented, and that these designs incorporated live plants, natural materials, representations of artificial nature or landscape-based spatial compositions, proved decisive in the selection of the sample. The sample included only those applications where the product was positioned within an environmental setting, or where landscape and

nature themes formed the core visual narrative of the window display, rather than traditional window displays where the product alone was the focal point.

In this research, the unit of analysis consists not of the selected brands themselves, but of their nature- and landscape-based shop window design applications. The sample selection is aimed not so much at statistically representing the luxury retail sector, but rather at highlighting the diversity of materials, spatial composition and representation observed in landscape-based shop window designs. During the data collection process, photographs, project descriptions and visual documents were obtained from the brands' official websites, the project archives of the brands and designers, and visual shop window databases.

Each shop window installation was analysed in terms of the type of landscape elements, the use of natural and artificial materials, the nature of the plant material, the use of water and topography, spatial organisation, scale, rhythm, repetition, layering, colour and texture relationships, the interplay of light and shadow, the relationship between product and landscape, representations of nature (both realistic and hyper-realistic), atmospheric characteristics, and the visual relationship established with the brand narrative. Furthermore, compositional features such as visual clarity, contrast, density, focal point and visual continuity were taken into account to assess the potential for visual perceptibility of the shop windows at pedestrian scale.

The visual data obtained were evaluated comparatively based on the common and distinctive design features in the shop window applications. This evaluation focused on the ways in which landscape elements serve to create a decorative backdrop, integrate with the product, shape the spatial composition, create atmosphere and visual narrative, and spatially represent brand identity. As the research was not based on user observation or consumer research, pedestrian behaviour and experiential effects were not measured directly; instead, the perceptual and experiential potentials offered by the shop windows under examination were interpreted solely on the basis of their visual and spatial characteristics.

3. FINDINGS

3.1. Landscape elements and spatial composition in luxury brand shop windows

The use of landscape elements in luxury brand shop windows is not merely a matter of transferring components of the natural environment into commercial display spaces; it is one of the design strategies that makes the brand's identity and aesthetic approach visible through a spatial narrative. Natural elements such as plants, trees, flowers, moss, branches, stones, water and soil, together with artificial plant materials and various decorative components representing

nature, have become key tools in shop window design. The selection of these elements and the way they are arranged influence not only the visual composition but also the way the product is perceived, the atmosphere of the shop window and the sensory relationship established with the consumer.

In this context, the first phase of the research involves identifying the landscape elements used in the shop windows of the selected luxury brands and examining the spatial organisation of these elements (Table 1). The relationships established by natural materials with products, architectural surfaces and other display elements are evaluated within the framework of visual composition principles such as scale, density, rhythm, balance, focal point, layering and depth. This reveals whether landscape elements are used in shop windows merely as decorative complements, or whether they function as a fundamental design component that shapes the spatial narrative and brand image.

Table 1. The use and visual organisation of landscape elements in shop window design

 CHANEL – Blooming Camellias, URL1 **Design principles and spatial analysis:** Focus, scale, contrast, framing, visual hierarchy.	**The symbolic and monumental use of natural forms.** The transformation of the camellia flower into a large-scale three-dimensional form. A single natural form serving as a powerful focal point within the display window. Creating contrast through a black background and lighting. Integrating the floral form with Chanel's brand identity.
 CARTIER – Nature Sauvage / Panthère, URL2 **Design principles and spatial analysis:** Kümelenme, katmanlaşma, ritim, simetri, doğallık ve gizem	**The spatial recreation of the natural environment.** Creating a forest atmosphere through trees and a dense, green vegetation texture. The geometric and symmetrical arrangement of plant elements. Creating depth through the interplay of light and shadow. Associating the image of the panther with the natural environment.



PRADA – Blossom / Thomas Demand, URL3

Design principles and spatial analysis: Naturalness, curiosity; repetition, rhythm, horizontal continuity and the creation of a background.

The landscape should create visual continuity and rhythm.
Cherry blossoms should form a visual narrative that continues along the length of the shop window.
Images of the floral landscape should be enhanced by illuminated backdrops.
Rhythm and continuity should be achieved through repeated natural motifs.
A visual connection should be established between the shop window and pedestrian traffic in the city.



FENDI – Solar Dream Windows, URL4

Design principles and spatial analysis: Layering, diffusion, movement, rhythm, depth and wonder.

The abstraction of natural forms and their transformation into three-dimensional compositions.
Large-scale forms inspired by flower petals.
The layering of semi-transparent materials.
The creation of dynamic compositions using suspended and moving elements.
The way light and shadows alter the perception of space.

3.1.1. Types of Landscape Elements

In luxury retail shop windows, landscape-based design is not limited to the use of natural materials alone; it also encompasses the spatial organisation of these materials, their atmospheric qualities and the various ways in which nature is represented. Accordingly, landscape elements have been classified under four main headings: natural landscape components, spatial composition and landscape representations, atmospheric and sensory components, and representations of artificial and digital nature (Table 2). This classification aims to highlight the distinction between the physical elements used in window display design and the spatial arrangement of these elements, their perceptual effects and forms of representation.

Table 2. Components and forms of representation of landscape-based design in luxury retail shop windows

Natural landscape elements	Spatial composition and landscape representations	Atmospheric and sensory components	Artificial and digital representations of nature
Trees	Topographical elevation and contour differences	Light	Artificial plants
Shrubs	Paths and passages	Shadow	Artificial flowers and leaves
Herbaceous plants	Platforms and display areas	Reflection	Synthetic moss
Flowers	Rock and cave installations	Mist and water vapour	Artificial rock and stone formations
Algae	Pond and water surface installations	Colour and colour contrast	Artificial water and water effects
Leaves	Garden and meadow representations	Texture and textural contrast	Hyper-realistic plant forms
Stones and rocks	Forest representations	Movement	Enlarged and abstracted natural forms
Soil	Desert and dune representations	Sound	Digital landscape images
Sand	Coastal landscape representations	Visual depth	Images of nature created using LED screens and projections
Water	Mountain landscape representations	Atmospheric density	—

Note: The categories represent different dimensions of landscape-based window display design, and components from multiple categories may coexist within a single design application.

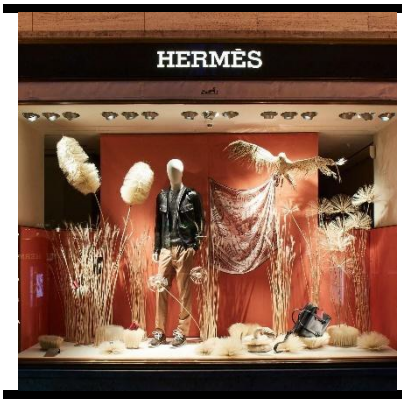
Depending on their nature, modes of use and physical characteristics, these elements create different spatial and visual narratives; they serve as fundamental design components that support the aesthetic character, atmosphere and brand identity of shop windows (Table 3).

Table 3. The effect of landscape elements on the atmosphere of shop windows and visual perception



Hermès' window displays featuring botanical landscapes and moss.

Design principles and spatial analysis: It demonstrates how the natural texture, colour and form of plants contribute to the display composition. URL 5

	Seasonal arrangements created using dried flowers and herbs in luxury shop windows.
Design principles and spatial analysis: It illustrates the role of natural texture, colour change and temporal transformation in visual storytelling. URL 6	
	In Prada's 'Blossom' project, created in collaboration with Thomas Demand, images of cherry trees in bloom were featured throughout the shop window.
Design principles and spatial analysis: It demonstrates the function of natural forms in creating spatial boundaries, frames and focal points. URL 7	
	The Prada Hyper Leaves project features large leaf shapes and nature-inspired imagery. The Chanel Blooming Camellias project, on the other hand, features three-dimensional camellias produced using recycled filament.
Design principles and spatial analysis: It illustrates the representation of nature through artificial or interpreted forms rather than real materials. URL8	

3.1.2. Spatial Organisation, Composition, Atmosphere and Creating Focus

The impact of landscape elements in luxury brand shop windows is related not only to the type of materials used, but also to how these elements are positioned within the space and arranged to form a visual whole. Accordingly, landscape arrangements in shop windows are evaluated in

terms of spatial organisation forms—such as focalisation, clustering, dispersion, framing and layering—as well as compositional principles such as vertical and horizontal placement, scale, balance and rhythm. The relationships established by landscape elements with products, the background and the shop window boundaries ensure the formation of a visual hierarchy and the guidance of the viewer's gaze.

These spatial and visual arrangements are also key design tools that define the atmospheric quality of shop windows. Through the density of plant material, the interplay of natural and artificial elements, light-and-shadow relationships, and contrasts in colour and texture, it is possible to create diverse atmospheric perceptions such as tranquillity, curiosity, mystery, naturalness, surprise and escapism. Thus, the shop window transcends its role as a mere physical surface for displaying products, transforming into a unique spatial narrative that invites the viewer into a visual and sensory experience distinct from the everyday urban environment.

In shop window design, the creation of visual interest constitutes an important dimension of the relationship this narrative establishes with the viewer. The unconventional use of landscape elements, the visual appeal of the composition, unexpected arrangements and strong focal points are regarded as design features that can enhance the visibility of shop windows at pedestrian scale and encourage passers-by to pause and examine them more closely. In this context, the appeal of landscape-based shop windows can be assessed not only in terms of their visual distinctiveness but also in terms of their potential to prompt pedestrians to pause, examine them in greater detail and engage in visual interaction whilst walking (Table 4).

Table 4. The role of landscape elements in creating a focal point and framing the product within a shop window display.

 **Design principles and spatial analysis:** Focus, scale, layering, contrast, a sense of bewilderment and an atmosphere of escape. URL 9	**Prada – Hyper Leaves (2020)** Creating a strong visual focal point with large-scale tropical foliage. The combined use of vertical and horizontal elements. Contrast between vibrant shades of green and an orange background. The blending of real and artificial natural imagery.

Design principles and spatial analysis: Focus, scale, layering, contrast, a sense of bewilderment and an atmosphere of escape.



Hermès – The Meadow (2022)
Transforming the display window into a meadow landscape covered in flowers.
Arranging the plant elements so that they surround and partially envelop the products.
Creating a narrative of a natural ecosystem using figures of flowers, insects and butterflies.
Creating visual depth within a dense plant composition.

Design principles and spatial analysis: Clustering, layering, rhythm, naturalness, curiosity and discovery. URL 10



Gucci – Autumn/Winter Poppy Window (2020)
The use of lush green foliage alongside red flowers.
The positioning of models dressed in red within the floral arrangement.
Creating a strong visual focal point through colour contrast.
Integrating the products with the floral backdrop.

Design principles and spatial analysis: Focus, contrast, grouping, visual hierarchy, surprise and attention-grabbing. URL 11



Loewe – 'Tales of Spain' shop windows
Loewe's shop windows for the 'Tales of Spain' product launch feature large-scale three-dimensional flowers and branches, alongside moving butterfly wings.
The magnification of natural forms, complemented by moving elements, allows for a theatrical and sculptural interpretation of nature on a shop-window scale.

Design principles and spatial analysis: Biomorphic design, movement and dynamism, scale, layering and the integrity of the product narrative, URL12

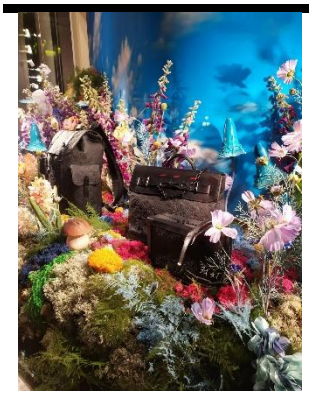
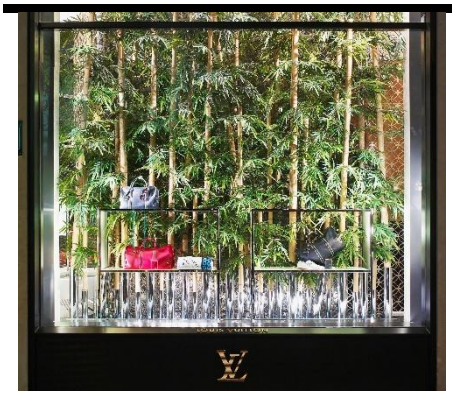
3.1.3. The Relationship Between Landscape Elements and Products and Shop Displays: Experience and Brand Meaning

In luxury brand shop windows, the relationship between landscape elements and the product and display area is one of the key factors determining the visual coherence of the design and how the product is perceived. In this context, the ways in which plant-based and natural materials highlight products, create a visual backdrop, integrate with the product to become part of the composition, or create contrast through differences in colour, texture and form are examined. Furthermore, landscape elements can also serve to define specific areas within the display window, separate display areas from one another, or create a visual frame around the product. These relationships ensure that the role of the landscape in window display design transcends that of a mere decorative element, transforming it into a holistic design component that supports the presentation of the product and its spatial narrative.

These relationships between landscape elements, the product and the shop window offer various possibilities regarding the visual interaction the viewer can have with the window and the potential forms of experience. Visually striking or intriguing arrangements can encourage the viewer first to look at the window, then to approach it to examine the details and explore the composition more closely. In particular, window displays with original and photogenic qualities can offer visual features that lend themselves to being photographed and shared on digital platforms. Thus, the window display experience transcends being merely a visual encounter within a physical space, evolving into a form of experience that can be transferred to the digital realm and expanded through social interaction.

In this process, the use of landscape elements is also regarded as a symbolic means of expression representing the brand's identity and values. The selection of natural materials, the creation of original compositions and the manner in which the relationship with nature is presented can all contribute to the visual communication of brand meanings such as luxury, originality, naturalness, exclusivity and cultural identity. In this context, landscape elements reveal not only the brand's aesthetic appeal but also its value system, lifestyle proposition and the exclusive experience it wishes to offer the consumer. Consequently, nature-based design approaches in shop windows go beyond merely supporting product presentation; they enable the expression of brand identity on both a spatial and experiential level (Table 5).

Table 5. The integration of landscape elements with product presentation and brand storytelling in luxury brand shop windows

	**The product becomes part of a landscape composition – Louis Vuitton Dream Garden, 2020** The integration of handbags with moss, flowers and plant materials. The product serving as the focal point within the natural composition. A sense of naturalness, originality and exclusivity.
Design principles and spatial analysis: Layering, colour composition, density and clustering, organic form, integration of product and landscape, and thematic narrative, URL 13	
	**Natural materials forming the backdrop for the products: the Louis Vuitton bamboo-themed window display** The use of bamboo elements in a vertical plane. The bags are displayed against a backdrop of natural materials. Creating a contrast between the natural texture and the luxury products.
Design principles and spatial analysis: Vertical rhythm, repetition and modularity, framing, linear composition, order, transparency and permeability: URL 14	
	**The relationship between brand identity and natural materials – Dior Dioriviera window display design** Organic forms crafted from wicker and natural fibres. The transformation of natural materials into brand identity. Connotations of craftsmanship, originality, naturalness and artistry.
Design principles and spatial analysis: Thematic landscape design, scale and hierarchy, form-to-ground relationship, colour harmony, cohesion, thematic relationship, URL 15	



Transforming the shop window into an experiential space – the Dior Madison Avenue shop window
A rich botanical and artistic composition.
Presenting the product within a natural setting.
The potential to spark curiosity, encourage exploration and inspire photography.
The shop window creating a striking visual experience at street level.

Design principles and spatial analysis: A reinterpretation of nature, recycling, the relationship with the brand's heritage, scale, focus, composition, biomorphic design, contrast, URL 16

3.2. The perceptual impact of the landscape and the relationship between pedestrians and shop windows

The perceptual role of landscaping in contemporary luxury retail shopfronts can be explained not only by the fact that natural elements provide a visual backdrop, but also by the way they shape the visual relationship between the shopfront and the urban environment. In the examples examined, it is evident that design features such as scale, colour contrast, plant density, layering and visual continuity create spatial qualities that enhance the visibility of the shopfronts as pedestrians pass by. In this context, landscape-based arrangements transform the shop front from merely a surface on which products are displayed into a design element that establishes a visual relationship with the urban environment.

For example, in Chanel's 'Blooming Camellias' installation, the contrast created by the large-scale camellia form against a dark background creates a strong focal point within the shop window; whilst in Prada's 'Hyper Leaves' design, enlarged tropical leaves, dense green texture and colour contrasts enhance visual prominence. In Prada's 'Blossom' installation, meanwhile, the repetition of floral landscape imagery across the entire shop window creates a horizontal visual continuity that extends beyond a single display area. These examples demonstrate how landscape elements can create distinct visual focal points and compositions perceptible from the pedestrian walkway through the principles of scale, contrast, repetition and rhythm.

In contrast, in Hermès' 'The Meadow' installation, the layered composition created with flowers, botanical forms and small-scale natural figures enriches not only the overall appearance of the window display—perceived from a distance—but also the details that can be examined up close. Dior's Madison Avenue shop window, meanwhile, exemplifies the transformation of nature into an artistic stage through large-scale biomorphic forms and dense

spatial arrangements. These differing approaches reveal that, in landscape-based shop windows, visual attention can be structured not only through a single focal point but also through the composition's unity, depth and variety of detail.

Consequently, the perceptual contribution of landscape elements in the shop windows under examination can be assessed through various design features, namely: visibility from a distance, the creation of a visual focal point, spatial depth, and a richness of detail conducive to close inspection. These characteristics offer the potential for the brief visual encounter with the shop window during pedestrian movement to evolve into a more detailed experience of examination and discovery. However, as the study is based on visual content analysis rather than user observation or behavioural measurements, the effects in question are interpreted not as actualised user behaviours, but as the perceptual and spatial possibilities offered by the shop window designs.

4. CONCLUSIONS

This study demonstrates that, in contemporary luxury retail shop windows, landscaping has evolved from being merely a decorative backdrop to becoming a fundamental design tool that shapes the spatial composition, product presentation and brand narrative. The examples examined demonstrate that landscape is represented in various forms, ranging from the use of live plant material to sculptural and thematic arrangements in which natural forms are abstracted, magnified or reproduced using artificial materials. This diversity reveals that, in shop windows, it is the role of landscape within the design concept—rather than its physical presence—that is decisive.

Visual analyses show that landscape elements are organised according to design principles such as scale, repetition, rhythm, layering, contrast, framing and focal point creation; in this way, different spatial relationships are established between the product and its surroundings. In some examples, the landscape serves as a backdrop that enhances the product's visibility, whilst in others it transforms into a composition where the product becomes integrated with the landscape or where natural forms take centre stage. Thus, nature becomes not merely a represented theme, but a design element that shapes the visual hierarchy, atmosphere and narrative of the shop window in relation to the brand identity.

The shop window applications examined demonstrate that the perceptual role of the landscape is not merely linked to the presence of natural elements, but to the way these elements are organised according to the principles of scale, contrast, rhythm, layering and visual continuity. Large-scale plant forms and strong colour contrasts create visual prominence at pedestrian

scale, whilst layered and detailed compositions offer potential for close examination and exploration. In this respect, landscape-based shop windows can be regarded as a visual and perceptual interface between the shop and the urban environment. However, as behaviours such as pausing, approaching, taking photographs and sharing were not measured in the study, these interactions are treated as potential experiences offered by the design.

Another key finding of the study is the potential of landscape-based shop windows to create a visual and perceptual interface between the shop and the urban environment. The use of natural forms on unusual scales and in original compositions makes it possible to evaluate shop windows not only for their function of displaying products, but also for their potential to attract attention, facilitate visual exploration and create experiences. However, as the research is based on visual content analysis, it highlights the spatial and perceptual possibilities of these design features rather than their effects on actual user behaviour.

Consequently, the study evaluates luxury retail shop windows as small-scale spatial compositions that can be interpreted through the design principles of landscape architecture, and proposes an interdisciplinary approach between visual merchandising and landscape architecture. In this context, the shop window takes on the character of a micro-landscape where nature is not merely displayed, but reinterpreted and transformed into a brand narrative.

REFERENCES

Andreu, L., Bigné, E., Chumpitaz, R., & Swaen, V. (2006). How does the perceived retail environment influence consumers' emotional experience? Evidence from two retail settings. Int. Rev. of Retail, Distribution and Consumer Research, 16(5), 559-578. https://doi.org/10.1080/09593960600980097

Bist, S. S., & Mehta, N. (2023). Positioning through visual merchandising: Can multi-brand outlets do it?. Asia Pacific Management Review, 28(3), 267-275. https://doi.org/10.1016/j.apmrv.2022.10.004

Cecchi, M. E. (2026). Framing Atmospheres: The Display Window as a Dioramic Device for Atmospheric Experimentation in Historical and Contemporary Exhibit Design Culture. Architecture, 6(1), 14. https://doi.org/10.3390/architecture6010014

Choi, W. S. (2020). Expressive characteristics & trends of luxury fashion brand visual merchandising. Journal of Basic Design & Art, 21(3), 383-399. DOI: 10.47294/KSBDA.21.3.28

Florea, N. V., Croitoru, G., Coman, D. M., & Coman, M. D. (2025). The influence of fashion retailers on customer psychology using visual merchandising and store layout to improve shopping decision. Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, 20(1), 40. https://doi.org/10.3390/jtaer20010040

Klaus, P. P. (2022). How luxury retail will change forever-The role of atmospherics in the digital era. Journal of Retailing and Consumer services, 68. DOI: 10.1016/j.jretconser.2022.103057

Lecointre-Erickson, D., Daucé, B., & Legohérel, P. (2018). The influence of interactive window displays on expected shopping experience. International Journal of Retail & Distribution Management, 46(9), 802-819. https://doi.org/10.1108/IJRDM-05-2017-0111

Liang, J., Wang, K., Ghamari, H., & Cao, W. (2026). Examining the effect of mannequin display on consumers' attention in the fashion retailing industry by adopting eye-tracking technology. Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal, 30(6), 1131-1151. https://doi.org/10.1108/JFMM-07-2024-0272

Meakin, K. (2022). The Bauhaus and the business of window display: Moholy-Nagy's endeavours at window display in London. Journal of Design History, 35(3), 265–280. https://doi.org/10.1093/jdh/epab019
Nobbs, K., Foong, K. M., & Baker, J. (2015). An exploration of fashion visual merchandising and its role as a brand positioning device. Journal of Global Fashion Marketing, 6(1), 4-19. DOI: 10.1080/20932685.2014.971491
Retail, Distribution and Consumer Research, 29(4), 409-429. https://doi.org/10.1080/09593969.2019.1581075Roozen, I. (2019). The influence of external design elements on clothing store entry intentions for recreationally and task-oriented female clothing shoppers. The International Review of
Warnaby, G. (2009). Look up! Retailing, historic architecture and city centre distinctiveness. Cities, 26(5), 287-292. https://doi.org/10.1016/j.cities.2009.06.002
URL 1 https://liganova.com/portfolio/blooming-camelias/?utm_source=chatgpt.com
URL 2 https://www.wmparis.fr/work/cartierpanthere?utm_source=chatgpt.com
URL 3https://www.prada.com/tw/en/pradasphere/special-projects/2020/thomas-demand-windows.html?utm_source=chatgpt.com
URL 4 https://www.flaunt.com/blog/fendi-solar-dream-nyc?utm_source=chatgpt.com
URL 5https://www.creativebloq.com/graphic-design/window-display-1012920?utm_source=chatgpt.com
URL 6 https://www.handelsblatt.com/arts_und_style/berliner-kuenstlerin-sarah-illenberger-schau-fenster/19586186.html?utm_source=chatgpt.com
URL 7 https://www.tokyoartbeat.com/en/events/-/2021/tadashi-kawamata-tree-hut?utm_source=chatgpt.com
URL 8 https://www.pradagroup.com/en/news-media/news-section/hyper-leaves.html?utm_source=chatgpt.com
URL 9 https://www.pradagroup.com/en/news-media/news-section/hyper-leaves.html?utm_source=chatgpt.com
URL 10 https://isabelandhelen.com/project/herm%C3%A8s-ss22-windows?utm_source=chatgpt.com
URL 11 https://gumrussia.com/shopwindows/8168174/?utm_source=chatgpt.com
URL 12 https://tinavaia.com/pages/loewe-windows?utm_source=chatgpt.com
URL 13https://www.debeaulieu-paris.com/en/blogs/projets/louis-vuitton-jardins-oniriques-tout-en-couleurs-janvier-20?utm_source=chatgpt.com
URL 14 https://projets-architecte-urbanisme.fr/vitrines-parisiennes-maisons-luxe-scenographie-valorisation-boutiques-espace-urbain/?utm_source=chatgpt.com
URL 15 https://www.dior.com/en_gr/fashion/news-savoir-faire/folder-news-and-events/dioriviera-window-display?utm_source=chatgpt.com
URL 16 https://www.architecturaldigest.com/story/for-diors-refreshed-nyc-flagship-peter-marino-sought-luxury-town-house-vibes?utm_source=chatgpt.com

ASSESSING ACTIVITY POTENTIAL IN COASTAL LANDSCAPES: THE INTERPLAY OF SPATIAL CHARACTERISTICS, LANDSCAPE FEATURES, AND USER ACTIVITIES

Assist. Prof. Dr., Aysel YAVUZ
Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, Trabzon, Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-9425-2054
ayavuz75@homail.com

ABSTRACT

This study aims to assess activity potential in coastal landscapes by examining the relationships among spatial characteristics, landscape features, and user activities. Akçaabat Coastal Park in Trabzon, Türkiye, was selected as the study area. Adopting a qualitative research approach, field observations were conducted during the second and third weekends of April 2026, resulting in 110 photographs. Of these, 12 photographs representing different spatial characteristics and patterns of use were purposively selected for visual content analysis. The selected photographs were evaluated across five dimensions: spatial characteristics, observed activities, activity potential, user characteristics, and spatial context. The findings indicate that stepped seating areas, expansive coastal platforms, green spaces, circulation routes, and rocky shorelines are associated with a variety of active and passive recreational activities. In particular, users' creation of informal seating arrangements independently of fixed facilities and children's exploratory activities on rocky surfaces reveal spontaneous uses extending beyond predefined spatial functions. The findings suggest that activity potential in coastal landscapes is associated not only with the diversity of recreational facilities but also with spatial flexibility, opportunities for interaction with the sea, and the ways users engage with the physical environment. The study offers implications for user-oriented and multifunctional coastal landscape design.

Keywords: Coastal landscape, activity potential, user activities, spatial flexibility, visual content analysis.

1. INTRODUCTION

Coastal areas are important public spaces that extend beyond the physical relationship between cities and water, serving as settings where social life unfolds, diverse user groups come together (Yavuz &Acar 2016; Alpak& Düzenli, 2022; Piyapong, 2019), and sociocultural interactions take place. Enhancing the accessibility of urban waterfronts and strengthening their integration with urban fabric are particularly important for expanding opportunities for public use. Dubinina et al. (2022) examine the transformation of urban waterfronts through the concept of permeability between water and the city, highlighting the importance of integrating waterfront

areas into public life. In this context, coastal landscapes should be evaluated not only in terms of their circulation and recreational functions but also in relation to the spatial opportunities they provide for social gatherings, relaxation, play, and spontaneous activities (Alpak& Düzenli, 2022).

Coastal areas represent important public spaces at the intersection of natural systems and urban life, encompassing ecological, social, and recreational functions. Urban waterfronts, in particular, provide diverse opportunities for physical and visual interaction with the sea, walking, relaxation, scenic viewing, play, physical activity, and social interaction (Georgiou et al., 2021). However, the nature of waterfront use is associated not only with the diversity of activities undertaken or the intensity of use but also with the spatial and landscape characteristics that support these activities (Yavuz & Kuloğlu, 2015).

The relationship between user behaviour and the physical environment in public open spaces constitutes an important area of research for understanding patterns of spatial use. Gehl (2011) classifies outdoor activities into necessary, optional, and social activities, emphasising that optional activities are particularly influenced by environmental conditions. This perspective suggests that activities such as walking, sitting, scenic viewing, and socialising in coastal areas should be examined not solely in relation to user preferences but also in conjunction with the physical opportunities afforded by the spatial environment.

The use potential of public open spaces is associated not only with their physical presence but also with their spatial qualities that respond to diverse user needs. Alpak et al. (2018), in their study conducted in two urban parks in Trabzon, demonstrated that spatial qualities related to comfort, inclusiveness, and meaningful activities were strongly associated with social interaction. These findings highlight the importance of considering the physical and landscape characteristics of coastal areas alongside the diversity of activities they have the potential to support.

Research on urban green and blue spaces has also demonstrated associations between accessibility, aesthetic qualities, facilities, spatial characteristics, physical activity, and recreational use (Ishii et al., 2022). While Georgiou et al. (2021) identify relationships between blue spaces, physical activity, and restorative experiences, they note that evidence concerning social interaction remains comparatively limited. Within this framework, evaluating coastal landscapes requires consideration of the opportunities for use arising from the combined effects of different spatial characteristics rather than focusing exclusively on individual physical components.

In this study, activity potential is defined not merely as the capacity of a coastal landscape to accommodate existing activities but as its capacity to enable diverse forms of use through its physical and spatial characteristics. Coastal accessibility, variations in surface conditions and elevation, seating arrangements, vegetation, circulation spaces, and the relationship with the sea constitute spatial components that may support different user behaviours. Moreover, users may appropriate spaces for spontaneous activities that extend beyond their originally intended functions. Accordingly, activity potential should be examined through the interrelationships between spatial characteristics, activity opportunities, and user behaviours.

Against this background, the study aims to investigate which activities are supported by the spatial and landscape characteristics of Akçaabat Coastal Park in Trabzon and how different user groups make use of these opportunities. Through photograph-based observational analysis, existing patterns of waterfront use and potential activity opportunities are examined together to develop insights relevant to user-centred coastal landscape design.

Specifically, the study addresses the following questions: Which types of activities are associated with different spatial and landscape characteristics? How do different user groups utilise coastal spaces? What forms of use are enabled by direct interaction with the sea? How do dynamic, stationary, and spontaneous activities coexist within the same spatial system?

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Study Area and Rationale for Selection

The study was conducted at Akçaabat Coastal Park, located in the Akçaabat district of Trabzon, Türkiye. Situated along the Black Sea coast, the park constitutes a public open space that accommodates a variety of recreational uses through its waterfront promenades, stepped seating areas and viewing terraces, platforms extending towards the sea, rocky shoreline surfaces, children's playgrounds, cycling paths, and landscaped green spaces.

Akçaabat Coastal Park was selected as the study area primarily because its diverse spatial configurations provide opportunities for different forms of physical and visual interaction between users and the waterfront. In particular, platforms facilitating access towards the sea, stepped seating areas extending along the shoreline, rocky coastal surfaces, and open-space arrangements integrating multiple recreational functions provide a suitable setting for examining the relationships between spatial characteristics and user activities.

2.2. Research Approach and Data Collection Process

The research was designed as an exploratory case study within a qualitative research framework. Photograph-based field observation along a walking route was employed for data

collection, while qualitative visual content analysis was adopted to examine the collected data. The study aimed to investigate the relationships between the physical and spatial characteristics of the coastal landscape and user activities through visual data obtained under natural conditions of use.

The primary dataset consisted of 110 photographs taken during field observations conducted at Akçaabat Coastal Park over the second and third weekends of April 2026. During data collection, the entire study area was systematically explored on foot, and different spatial characteristics, recreational settings, and user activities along the waterfront were documented photographically. Rather than relying on fixed observation points, observations were conducted along a mobile route covering different sections of the park. This approach enabled the documentation of diverse spatial characteristics of the coastal landscape and the patterns of use occurring within these settings.

The observations conducted over two separate weekends were intended to document a range of activities and patterns of spatial use rather than to establish temporal comparisons. Accordingly, photographs taken on different dates were not treated as separate comparative groups but were analysed as an integrated visual dataset representing the same study area.

From the initial dataset of 110 photographs, 12 photographs were selected through purposive sampling to illustrate different spatial characteristics, user groups, and types of activity. The selection criteria included the representation of diverse waterfront settings, the visual distinguishability of user activities, the simultaneous visibility of physical environmental characteristics and user behaviours, and the avoidance of unnecessary repetition of similar content. Consequently, the analysis encompassed a range of spatial settings, including coastal steps, viewing and seating platforms, rocky shoreline surfaces, pedestrian promenades, cycling paths, children's playgrounds, and green spaces.

2.3. Photograph-Based Analysis and Evaluation Criteria

Five key analytical dimensions were established to examine the relationships between the physical characteristics of the coastal landscape and user activities: spatial characteristics, existing use (observed activities), activity potential, user characteristics, and spatial context.

The spatial characteristics dimension encompassed coastal morphology, surface characteristics, elevation differences, circulation spaces, seating and play facilities, vegetation arrangements, and physical and visual relationships with the water. Within the existing use dimension, activities directly observable in the photographs, including walking, sitting, resting, playing, fishing, socialising, cycling, and environmental exploration, were identified and classified.

Activity potential was assessed in terms of the possible activities that could be supported by the physical and landscape characteristics of the space beyond its observed uses. Accordingly, a distinction was made between directly observed activities and the potential opportunities for use afforded by the spatial environment. Potential activities were therefore treated as interpretative assessments based on the opportunities provided by the physical environment rather than as empirically observed behaviours.

The user characteristics dimension focused on users visually identifiable as children or adults, as well as individual and group patterns of use. Inferences regarding users' exact ages, social relationships, or motivations for using particular spaces were avoided where such information could not be directly established from the photographs. The spatial context dimension examined the location of activities within the waterfront area, their relationship with the sea, their proximity to other functional spaces, and the spatial coexistence of different activities.

Each photograph was evaluated individually according to the five predefined analytical dimensions, and the resulting observations were compiled into a common analysis matrix. Subsequently, relationships between similar spatial characteristics and patterns of use were interpreted to identify recurring patterns associated with the activity potential of the coastal landscape. Throughout this process, photographs were treated as analytical records, and multiple photographs depicting the same location were not considered independent spatial observations.

2.4. Data Interpretation and Study Limitations

The visual data collected in this study were interpreted using a descriptive and relational analytical approach. In the first stage, the physical and landscape characteristics and user activities observable in the photographs were identified. In the second stage, the activities potentially supported by these characteristics and the ways in which different users utilised the spaces were examined. In the final stage, the opportunities afforded by different spatial characteristics were evaluated holistically in relation to activity diversity, spatial flexibility, interaction with the sea, and spontaneously emerging patterns of use.

A primary limitation of the study is that field observations were restricted to two weekends in April 2026 and that the detailed analyses were based on a purposively selected subset of 12 photographs. Consequently, the findings cannot be considered representative of patterns of use at Akçaabat Coastal Park across different seasons, days, or times of day. Rather, they reveal relationships between spatial characteristics and user behaviours documented at specific

moments of observation. Furthermore, differences in photographic viewpoints and spatial coverage precluded comparative quantitative assessments of user density.

As photograph-based observations do not provide direct information regarding users' motivations for visiting particular spaces, duration of use, satisfaction levels, or personal preferences, these variables were excluded from the scope of the study. Nevertheless, the research presents an exploratory approach to evaluating the activity potential of coastal landscapes through observable physical characteristics and documented user activities.

3. FINDINGS

Photograph-based observations conducted at Akçaabat Coastal Park indicate that different spatial and landscape characteristics are associated with various user activities. The 12 selected photographs were evaluated across five analytical dimensions: spatial characteristics, observed activities, activity potential, user characteristics, and spatial context. The findings suggest that waterfront use is not limited to designated recreational facilities but is also shaped by spatial diversity, interactions with the sea, and spontaneously emerging patterns of use developed by users. The results of the photographic analyses are presented in three tables.

Table 1. Photograph-based analysis of different spatial arrangements and observed user activities at Akçaabat Coastal Park.

Images from Akçaabat Coastal Park	Spatial Characteristics	Observed Activities	Activity Potential	User Characteristics	Spatial Context
Coastal Steps and Pedestrian Promenade 	Stepped seating areas, wide pedestrian promenade, rocky shoreline, landscaped vegetation, unobstructed sea views	Walking, sitting, resting, watching the sea, socialising	Social gatherings, photography, informal encounters, interaction with water, viewing and relaxation at different elevations	Individual users, adults, groups of young people, children	A waterfront section where the promenade, stepped seating areas, and rocky shoreline converge, providing opportunities for interaction with the sea at varying distances
Green Space and Play Area 	Tree-lined areas, grassy surfaces, pedestrian and cycling paths, children's play equipment, seating elements	Walking, cycling, children's play, sitting, waiting, socialising	Free play, light physical activity, outdoor relaxation, group activities	Children, adults, individual and group users	A landscaped waterfront park where circulation routes, play areas, and recreational spaces are spatially integrated

Platform for Interaction with the Sea 	Platform extending towards the sea, seating surfaces at different elevations, railings, unobstructed sea views	Fishing, sitting, watching the sea, conversing, strolling	Individual relaxation, small-group gatherings, photography, sea-view-oriented recreation	Individual users, adults, small groups spending time together	Platforms and seating arrangements extending from the shoreline towards the sea, enhancing visual proximity to the water
Rocky Shoreline, Exploration Areas, and Wide Steps 	Rocky shoreline surfaces, stepped seating areas, wide pedestrian promenade, palm trees, physical proximity to the sea	Moving across rocky surfaces, exploring the surroundings, walking, sitting, waiting, socialising	Free play, nature exploration, interaction with coastal materials, scenic viewing, relaxation	Children, adult-appearing users, individual and group users	A transitional waterfront zone where naturally characterised rocky shoreline surfaces meet designed circulation and seating areas

The coastal spaces examined in Table 1 demonstrate that different physical and landscape characteristics can play an important role in diversifying user activities. Stepped seating areas, wide pedestrian surfaces, green spaces, play facilities, platforms extending towards the sea, and rocky shoreline surfaces emerge as spatial components that accommodate various forms of use. In particular, stepped waterfront configurations enable users to establish visual connections with the sea at different elevations while providing alternative spaces for stationary activities such as sitting, resting, scenic viewing, and socialising. The integration of these configurations with pedestrian promenades allows dynamic and stationary activities to coexist within the same waterfront section.

The patterns of use observed in green spaces and children's play areas indicate that coastal landscapes are not limited to sea-oriented activities but can also accommodate diverse recreational needs. The spatial integration of tree-lined areas, circulation routes, seating elements, and play facilities enables activities such as walking, cycling, children's play, relaxation, and social interaction to occur in close proximity. This suggests that different user groups can engage in distinct activities within the same spatial system. Furthermore, the shading and spatial definition provided by vegetation can be considered physical characteristics that may enhance the potential of these areas for relaxation and recreation.

The fishing, sitting, scenic viewing, and socialising activities observed on platforms extending towards the sea highlight the importance of the relationship with water in recreational use. In these settings, the sea extends beyond its role as a visual landscape element and becomes a central environmental component around which user activities are organised. Similarly, the

movement and exploratory behaviours observed on rocky shoreline surfaces indicate that natural coastal features can provide opportunities for activity independently of designed recreational facilities. However, the irregular surfaces and variations in elevation associated with these rocky environments may also present limitations in terms of safety and accessibility. Overall, the observations presented in Table 1 suggest that the activity potential of coastal landscapes can be understood not merely through the presence of individual recreational facilities but through spatial diversity, the interrelationships between different areas of use, and opportunities to approach and experience the sea in different ways. In particular, the coexistence of designed seating and circulation areas with naturally characterised coastal surfaces creates opportunities for both planned and spontaneously emerging activities. Accordingly, the evaluation of coastal spaces should consider not only existing activities but also alternative forms of use that may be supported by the physical environment.

Table 2. Analysis of spatial flexibility, natural surfaces, and dynamic–stationary activities at Akçaabat Coastal Park.

Images from Akçaabat Coastal Park	Spatial Characteristics	Observed Activities	Activity Potential	User Characteristics	Spatial Context
Wide Waterfront Platform and Stepped Seating Areas 	Wide, flat, hard-surfaced platform; unobstructed sea views; rocky shoreline; stepped seating areas behind the platform	Sitting together in groups on the ground, conversing, standing, walking, children moving around	Social gatherings without fixed seating facilities, small-group activities, informal seating and relaxation, scenic recreation	Groups visually identifiable as young adults, children, adults, individual users	A waterfront section where a wide platform offering direct visual connections with the sea is integrated with stepped seating areas and the promenade
Pebbly and Rocky Shoreline with Viewing Platform 	Pebbly surface, rock formations of varying sizes, open platform close to the sea, hard-surfaced circulation area	Children moving among stones and bending down to examine the surface, sitting, viewing the sea, spending time in small groups	Nature exploration, free play, sensory interaction with coastal materials, scenic viewing, individual relaxation	Children, users visually identifiable as adults, small groups	A coastal area where a designed viewing platform meets pebbly and rocky shoreline surfaces, characterised by variations in surface materials and elevations

Stepped Viewing and Seating Terraces 	Wide hard-surfaced areas arranged at different elevations, timber seating surfaces, railings, unobstructed sea views, connection to the promenade	Sitting in groups, conversing, viewing the sea, resting, walking	Small-group gatherings, individual relaxation, scenic viewing, flexible seating arrangements	Groups visually identifiable as young adults, individual users, adults	A system of sea-oriented terraces connected to the main waterfront circulation route, providing seating opportunities at different elevations
Green Spaces and Pedestrian–Cycling Circulation System 	Grassed surfaces, tree-lined areas, designated cycle path, pedestrian connections, seating elements, and open recreational spaces	Cycling, walking, sitting, resting, children moving around, spending time in small groups	Active recreation, free play, outdoor gatherings, relaxation, coexistence of different forms of movement	Children, users visually identifiable as adults, individual users and groups	A recreational area within the inland section of the coastal park, where green spaces and different circulation routes converge

The coastal spaces examined in Table 2 demonstrate that user activities are not determined solely by the presence of specific recreational facilities but may also be diversified through different ways of utilising the physical opportunities afforded by the spatial environment. In particular, the observation of users sitting together in groups directly on the ground of wide, flat waterfront platforms, independently of fixed seating elements, indicates that these spaces can accommodate social gatherings and shared leisure activities beyond their predefined functions. This suggests that spatial flexibility in coastal landscapes is associated not only with the provision of facilities for multiple activities but also with the availability of open and adaptable surfaces that allow users to develop their own patterns of use.

The activities observed among children in pebbly and rocky shoreline areas highlight the opportunities that natural coastal surfaces provide for exploration and free play. Children's movements among rocks, their examination of surface materials, and their engagement with different elevations indicate that coastal materials can function not merely as physical components of the environment but also as recreational elements with which users interact directly. These observations suggest that activity potential in coastal landscapes is not restricted to designated playgrounds but may also emerge from variations in surface characteristics and natural environmental features. Nevertheless, irregular rocky surfaces and elevation differences also raise concerns regarding safety and accessibility, particularly in relation to children's use of these spaces.

The group seating, conversations, and scenic viewing activities observed on stepped viewing and seating terraces illustrate the relationship between spatial configuration, social interaction,

and stationary recreation. Seating surfaces arranged at different elevations allow users to orient themselves towards the sea and gather in small groups, while their connection to the pedestrian promenade enables dynamic and stationary activities to occur without being spatially segregated. In this context, stepped configurations can be understood not merely as physical elements providing seating capacity but as spatial interfaces that accommodate and integrate different forms of use.

The activities observed in green spaces and along the combined cycling and pedestrian circulation system further indicate that diverse recreational opportunities are available within the inland sections of the coastal park, where spaces are not necessarily oriented directly towards the sea. The close spatial proximity of dynamic activities, such as cycling and walking, to stationary uses, including sitting, resting, and social interaction, highlights the importance of organising different spatial functions in an interconnected manner. Furthermore, the integration of vegetated areas, circulation routes, and seating opportunities creates a spatial structure capable of accommodating the diverse recreational needs of different users within the same park system.

Overall, the findings presented in Table 2 indicate that the activity potential of coastal landscapes can be evaluated through spatial flexibility, spontaneously emerging user practices, interaction with natural surfaces, and the spatial coexistence of different activities. In particular, the use of wide platforms as social gathering spaces, pebbly surfaces as settings for exploration, and stepped terraces for different forms of seating demonstrates that opportunities for waterfront use extend beyond the functions originally envisaged in the design. Therefore, coastal landscape design should consider not only facilities intended for specific activities but also flexible spatial configurations that enable users to develop alternative patterns of use.

Table 3. Analysis of direct interaction with the shoreline, user behaviour, and multifunctional spatial use at Akçaabat Coastal Park.

Images from Akçaabat Coastal Park	Spatial Characteristics	Observed Activities	Activity Potential	User Characteristics	Spatial Context
Rocky Shoreline and Sloping Surfaces 	Large rock formations close to the sea, irregular and hard sloping surfaces, unobstructed sea views, limited seating facilities	Sitting on portable chairs, viewing the sea, standing and moving across rocky surfaces	Personalised relaxation, scenic recreation, spending time alone, small-group gatherings	Individual users and groups of users visually identifiable as adults	A rocky shoreline section providing physical proximity to the sea, used independently of designated seating areas
Rock Formations and Stepped Shoreline Configuration	Rock formations of varying sizes, irregular	Children walking among rocks, climbing	Free play, environmental exploration,	Children	A coastal area where designed

	shoreline surfaces, stepped concrete seating areas, direct proximity to the sea	onto rock formations, exploring shoreline surfaces	interaction with coastal materials, observation of the sea		stepped seating surfaces meet the rocky shoreline, allowing users to approach the sea at different elevations
Waterfront Promenade and Children's Play Areas 	Wide pedestrian promenade, cycle path, railings, children's play equipment, tree-lined areas, seating elements	Walking, children's play, walking with pushchairs, sitting, conversing, waiting	Active and passive recreation, simultaneous use by different age groups, social gatherings, outdoor relaxation	Children, users visually identifiable as adults, individual users and groups	A multifunctional waterfront section where the linear coastal circulation route is integrated with play and relaxation areas
Stepped Seating Areas and Waterfront Platforms 	Wide pedestrian walkway, timber-clad seating steps, platforms extending towards the sea, rocky shoreline, viewing surfaces at different elevations	Walking, sitting, resting, viewing the sea, spending time together, standing on waterfront platforms	Scenic viewing at different elevations, individual relaxation, small-group gatherings, photography, scenic recreation	Individual users, users visually identifiable as adults, small groups	A waterfront area integrating the main promenade with sea-oriented platforms and stepped seating areas

The coastal spaces examined in Table 3 demonstrate that physical and visual connections with the sea provide opportunities for diverse user activities and that waterfront use may extend beyond designated recreational areas. In particular, the observation of users creating seating and resting spaces with portable chairs on rocky shoreline surfaces indicates that these areas can be utilised according to individual needs, independently of existing recreational facilities. This pattern of use is particularly noteworthy as it demonstrates that coastal landscapes can acquire recreational functions not only through fixed facilities but also through spatial arrangements introduced by users themselves. Proximity to the sea and unobstructed views can therefore be regarded as important spatial characteristics that may support such spontaneously emerging forms of use.

The movement of children among rock formations and their exploration of different surfaces in rocky shoreline areas highlight the opportunities afforded by the physical characteristics of the coast for free play and environmental interaction. Rocks of varying sizes, irregular surfaces, and changes in elevation provide settings for children's movement and exploratory behaviours.

These observations suggest that natural coastal surfaces can be understood not merely as visual or ecological components of the landscape but also as spatial elements with which users interact directly. Nevertheless, activities occurring on rocky surfaces require careful consideration, particularly regarding children's safety and accessibility for users with different levels of mobility. Accordingly, opportunities for direct interaction with the shoreline should be accompanied by appropriate conditions for safe access and use.

The walking, playing, sitting, and social interaction activities observed in areas where the waterfront promenade is integrated with children's playgrounds indicate that different user groups can engage in diverse forms of use within the same coastal system. The close spatial relationship between circulation routes, play areas, and resting spaces enables dynamic and stationary activities to complement one another. In particular, the integration of children's playgrounds with pedestrian routes and seating areas allows children's play activities and adults' waiting, resting, and socialising behaviours to occur in close proximity. This spatial coexistence highlights the multifunctional character of the coastal park and its capacity to accommodate the diverse needs of different user groups.

Stepped seating areas and platforms extending towards the sea provide opportunities for users to experience the waterfront at varying distances and elevations. The coexistence of walking activities along the promenade with sitting and resting behaviours on stepped terraces demonstrates that the same spatial system can accommodate both movement and stationary use. Seating surfaces oriented towards the sea and platforms facilitating closer access to the shoreline allow users to experience the coastal environment from different vantage points. These observations suggest that waterfront spaces should be considered not merely as linear circulation corridors but as multilayered public spaces capable of accommodating diverse recreational experiences.

Overall, the observations presented in Table 3 indicate that the activity potential of coastal landscapes is associated with opportunities to approach the sea, adapt spaces to individual needs, interact with natural coastal surfaces, and engage in different activities within the same spatial system. In particular, the patterns of use developed by users beyond the functions originally intended in the design suggest that the recreational value of waterfront spaces cannot be explained solely by the diversity of existing facilities. In this context, user-centred coastal landscape design should consider not only facilities accommodating different age groups and user needs but also spatial configurations that facilitate interaction with the sea, provide flexible opportunities for use, and ensure safe and accessible environments.

4. DISCUSSION

Photograph-based observations conducted at Akçaabat Coastal Park suggest that the activity potential of coastal landscapes can be understood not only in terms of the availability of recreational facilities but also through spatial diversity, flexibility of use, physical and visual connections with the sea, and the integration of different functional spaces. The analysis of 12 photographs revealed that stepped seating areas, wide platforms, rocky shoreline surfaces, green spaces, and circulation routes accommodate a variety of user activities. These findings are consistent with Gehl's (2011) perspective on the relationship between the quality of the physical environment and optional and social activities. Nevertheless, the present study examines associations observed at specific moments rather than establishing causal relationships between spatial characteristics and user behaviour.

Alpak et al. (2018) examined physical features such as seating facilities, trees, shading elements, and spacious pedestrian areas within the dimension of comfort and identified a strong positive relationship between comfort and social interaction. The assessment of spatial characteristics supporting walking, sitting and relaxation, scenic viewing, and social interaction along the Akçaabat coastline is conceptually consistent with these findings. However, unlike their study, which directly measured social interaction through user surveys, the present research focuses on identifying the physical and functional opportunities that coastal spaces provide for different activities rather than measuring actual levels of social interaction.

One of the notable findings of this study is the coexistence of designated recreational spaces and spontaneously emerging activities within the same coastal landscape. The use of wide platforms for group gatherings independently of fixed seating facilities, the creation of resting spaces on rocky shorelines using portable chairs, and children's use of rock formations for exploration and movement demonstrate how users may interpret and utilise the opportunities afforded by the physical environment in different ways. Mikkelsen et al. (2018) emphasise the importance of active engagement with water in urban waterfront environments and spatial arrangements that accommodate diverse user behaviours. Similarly, in the case of Akçaabat, rocky shoreline surfaces and platforms facilitating closer access to the sea indicate that the waterfront functions not merely as a landscape to be viewed but also as an environment with which users can physically interact. However, such interaction should not be interpreted as direct entry into the water or participation in water-based activities. Wu et al. (2020) examined the quality of street spaces in coastal cities through their physical and morphological characteristics, highlighting the importance of user activities in the functioning of these

environments. The findings from Akçaabat Coastal Park extend this discussion to a different spatial context, suggesting that wide platforms, stepped seating areas, and natural coastal surfaces should be evaluated not only in terms of their physical attributes but also in relation to the activities that users undertake and may develop within these spaces.

Another important finding concerns the spatial coexistence of dynamic and stationary activities. While pedestrian and cycling routes accommodate active recreation, associated seating terraces, green spaces, and play areas support other forms of use, including relaxation, social interaction, and free play. Liu et al. (2021) demonstrated that physical spatial configurations and service facilities in urban waterfront open spaces are associated with user vitality. The walking and cycling activities observed along the waterfront promenade and cycling routes highlight the spatial opportunities that coastal landscapes provide for active recreation. In a study conducted in England, White et al. (2014) identified a small but statistically significant association between residential proximity to the coast and physical activity levels, demonstrating that visits to coastal environments partially explained this relationship. The dynamic activities observed at Akçaabat Coastal Park are consistent with the understanding of waterfront spaces as public environments that provide opportunities for physical activity. However, because physical activity levels and visitation frequency were not measured in the present study, no direct conclusions can be drawn regarding whether waterfront use increases physical activity. Observations at Akçaabat Coastal Park further suggest that the spatial proximity of different functions may facilitate the coexistence of diverse activities within the same waterfront system. Nevertheless, the photographic dataset does not provide sufficient evidence for comparative assessments of user density or activity frequency.

The relationship with the sea also emerges as a particularly important dimension of activity potential. While stepped seating areas and viewing platforms facilitate visual connections with the sea, rocky shoreline sections allow users to approach the water and interact directly with coastal materials. A systematic review by Georgiou et al. (2021) suggests that exposure to blue spaces may be associated with restorative experiences and physical activity. However, as psychological well-being and restorative outcomes were not measured in the present study, such associations cannot be established for users of Akçaabat Coastal Park. Rather, the findings demonstrate that proximity to the sea and opportunities for coastal access coexist with various forms of recreational use.

In terms of user characteristics, the observations indicate that children engage in different activities, particularly within designated play areas and on rocky shoreline surfaces, whereas

users visually identifiable as adults participate in activities associated with seating, scenic viewing, walking, and social gatherings. Furthermore, the coexistence of individual and group activities across different spatial settings suggests that the coastal park accommodates diverse patterns of use. Piyapong (2019) highlights the potential contribution of public spaces to social solidarity by facilitating interaction among different social groups. Within this context, the group seating, conversations, and shared leisure activities observed at Akçaabat Coastal Park illustrate the opportunities that waterfront spaces provide for social interaction.

5. CONCLUSIONS

From a landscape design perspective, the research findings suggest that simply increasing the provision of facilities designated for specific activities may not be sufficient to enhance the recreational potential of coastal areas. Seating and viewing opportunities at different elevations, open surfaces that accommodate flexible uses, natural coastal features, continuous circulation connections, and opportunities for interaction with the sea at different levels emerge as important design approaches that may support a diversity of activities. Nevertheless, rocky surfaces and elevation differences, in particular, should be carefully considered in relation to safety and accessibility requirements.

In conclusion, this study demonstrates that the activity potential of coastal landscapes can be evaluated through the interrelationships between existing patterns of use, the opportunities afforded by the physical environment, and spontaneously emerging user activities. Based on 12 photographs selected from a dataset of 110 images collected in April 2026, this exploratory study does not claim to represent patterns of use across all seasons or periods. Rather, it highlights the capacity of coastal spaces to accommodate diverse forms of activity. The primary contribution of the study lies in proposing a photograph-based analytical approach that shifts the focus from user density and the diversity of recreational facilities towards understanding which activities are enabled by spatial characteristics and how users utilise these opportunities.

REFERENCES

Alpak, E. M., Düzenli, T., & Yılmaz, S. (2018). Kamusal açık mekânların kalitesi ve sosyal etkileşim üzerindeki etkileri. Journal of History Culture and Art Research, 7(2), 624–638. https://doi.org/10.7596/taksad.v7i2.1508

Alpak, E. M., & Düzenli, T. (2022). Contribution of urban open spaces to the city: An investigation of coastal design processes. In Ö. Topkaya & M. E. Kenanoğlu (Eds.), *International Social Sciences Conference II: Green development, conference full texts e-book* (pp. 10–16). Çanakkale Onsekiz Mart University.

Dubinina, A., Wawrzyńska, A., & Krośnicka, K. A. (2022). Permeability of waterfronts—Contemporary approach in designing urban blue spaces. Sustainability, 14(15), 9357. https://doi.org/10.3390/su14159357

Gehl, J. (2011). Life Between Buildings: Using Public Space. Island Press.

Georgiou, M., Morison, G., Smith, N., Tieges, Z., & Chastin, S. (2021). Mechanisms of impact of blue spaces on human health: A systematic literature review and meta-analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(5), 2486. https://doi.org/10.3390/ijerph18052486
Liu, S., Lai, S.-Q., Liu, C., & Jiang, L. (2021). What influenced the vitality of the waterfront open space? A case study of Huangpu River in Shanghai, China. Cities, 114, 103197. https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103197
Mikkelsen, J. B., Stevens, Q., Hills, C., & Mueller, F. F. (2018). Exploring how urban waterfronts can encourage visitors' active engagement with water through a temporary design installation. Archnet-IJAR, 12(1), 91–111. https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v12i1.1444
Piyapong, J., Riruengrong, R., Wipawee, I., Siriphan, N., & Passanan, A. (2019). Empirical evidence of the roles of public spaces and public activities in the promotion of community relations and sense of place in a coastal community. Journal of Place Management and Development, 12(4), 485-507.
White, M. P., Wheeler, B. W., Herbert, S., Alcock, I., & Depledge, M. H. (2014). Coastal proximity and physical activity: Is the coast an under-appreciated public health resource? Preventive Medicine, 69, 135–140. https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2014.09.016
Wu, D., Niu, Y., & Sun, Z. (2020). Quantitative research on the quality of street space in coastal cities. Journal of Coastal Research, 106(sp1), 423–426. https://doi.org/10.2112/SI106-095.1
Yavuz, A., & Acar, C. (2016). Functional Quality Of Place As Permeability Parameters At Waterfronts. Oxidation Communications, 39(1-II), 560.
Yavuz, A., & Kuloğlu, N. (2015, September 18–20). *Growing city center, changing the coastal line, differentiating user behaviours: The sample of Trabzon city* [Conference presentation]. MACODESU 2015, 1st International Conference, Trabzon, Türkiye.

DERİN ÖĞRENME MODELLERİNE YÖNELİK ADVERSARİAL SALDIRILAR: LİTYUM-İYON BATARYALARDA (NASA, NCA, NCM) SİBER GÜVENLİK ZAFİYET ANALİZİ

Ebru TAMBERK
Malatya Turgut Özal University, Institute of Graduate Studies, Department of Software Engineering, Malatya
ORCID ID: 0009-0002-0299-3002
Assoc. Prof. Dr. Canan BATUR ŞAHİN
Malatya Turgut Özal University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Software Engineering, Malatya
ORCID ID: 0000-0002-2131-6368

ÖZET

Lityum-iyon bataryaların sağlık durumu (SOH) tahmininde derin öğrenme modelleri yüksek doğruluk sağlamaktadır; ancak bu modellerin ölçüm verisine yönelik kasıtlı bozulmalara karşı dayanıklılığı yeterince incelenmemiştir. Bu çalışmada, SOH tahmin modellerinin adversarial saldırılara karşı kırılganlığı üç açık veri seti üzerinde karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir: NASA, NCA ve NCM. Kapasite–gerilim, Q(V), eğrisinden çıkarılan öznitelikler kullanılarak beş mimari (CNN-LSTM, LSTM, GRU, CNN ve MLP) üç farklı tohum değeriyle eğitilmiştir. NASA verisinde her bataryanın son %30'luk dilimi, NCA ve NCM verilerinde ise eğitimde hiç görülmeyen hücreler test edilmiştir. Modeller FGSM, PGD, Carlini-Wagner, dizi tabanlı saldırılar ve veri zehirlemesi altında değerlendirilmiş; sonuçlar hücre bazında eşleştirilmiş Wilcoxon testi ve Holm düzeltmesiyle analiz edilmiştir. Temiz veride NCA ve NCM için ortalama mutlak hata (MAE) 0.49–0.84, NASA için ise 1.96–2.38 SOH puanı olarak bulunmuştur. Her özniteliğin çeyrekler açıklığının %10'u ile sınırlandırılan ($L\infty$, $\varepsilon = 0.1$) PGD saldırısı, hatayı NASA verisinde 2.0–3.1 kat, NCA ve NCM verilerinde ise 4.6–21.6 kat artırmıştır; aynı bütçedeki rastgele gürültünün etkisi ise belirgin biçimde daha düşük kalmıştır. En yüksek kırılganlık LSTM modelinde gözlenmiştir; MAE NCA'da 0.78'den 16.10'a, NCM'de ise 0.71'den 15.24'e yükselmiştir. Temiz doğruluğu en yüksek modeller en dayanıklı modeller olmamıştır; NCA ve NCM verilerine göre, göreli bozulmanın en düşük olduğu model MLP olmuştur. CNN-LSTM modelinde, eğitim verisinin %10–20'sini etkileyen veri zehirlemesi hatayı en fazla %11 artırmıştır. Bulgular, temiz veri üzerindeki yüksek doğruluğun güvenlik açısından yanıltıcı olabileceğini ve batarya yönetim sistemlerinde kullanılacak SOH modellerinin adversarial dayanıklılık açısından da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Batarya sağlık durumu, adversarial saldırılar, derin öğrenme, siber güvenlik, lityum-iyon batarya

ADVERSARIAL ATTACKS ON DEEP LEARNING MODELS: A CYBERSECURITY VULNERABILITY ANALYSIS IN LITHIUM-ION BATTERIES (NASA, NCA, NCM)

ABSTRACT

Deep learning models achieve high accuracy in estimating the state of health (SOH) of lithium-ion batteries, yet their robustness to deliberate measurement-data perturbations has received little attention. This study presents a comparative analysis of how vulnerable SOH estimation models are to adversarial attacks on three public datasets: NASA, NCA, and NCM. Using features extracted from the capacity–voltage, Q(V), curve, we trained five architectures (CNN-LSTM, LSTM, GRU, CNN, and MLP) with three random seeds. We used the last 30% of each battery's life for testing on NASA, and tested cells never seen in training on NCA and NCM. We evaluated the models under FGSM, PGD, Carlini-Wagner, sequence-based attacks, and data poisoning, and analyzed the results with cell-level paired Wilcoxon tests and Holm correction. On clean data, the mean absolute error (MAE) was 0.49–0.84 SOH points for NCA and NCM and 1.96–2.38 for NASA. A PGD attack bounded by 10% of each feature's interquartile range ($L\infty$, $\varepsilon = 0.1$) increased the error 2.0–3.1-fold on NASA and 4.6–21.6-fold on NCA and NCM, whereas random noise of the same budget had a markedly smaller effect. LSTM was the most vulnerable model, with MAE rising from 0.78 to 16.10 on NCA and from 0.71 to 15.24 on NCM. The most accurate models on clean data were not the most robust; on NCA and NCM, MLP showed the lowest relative degradation. For CNN-LSTM, data poisoning affecting 10–20% of the training data increased the error by at most 11%. These findings indicate that high clean accuracy can be misleading from a security perspective and that SOH models intended for battery management systems should also be evaluated for adversarial robustness.

Keywords: State of health, adversarial attacks, deep learning, cybersecurity, lithium-ion battery

1. INTRODUCTION

Lithium-ion batteries are used in a wide range of applications, from electric vehicles to grid-scale energy storage systems. The safe and economical operation of these systems depends on the battery management system (BMS) accurately estimating the battery's state of health (SOH). SOH is generally defined as the ratio of the battery's current capacity to its initial capacity; this value directly determines maintenance planning, second-life decisions, and safety thresholds. In recent years, deep learning models that learn from voltage, current, and capacity curves have become widespread in SOH estimation because they require less expert knowledge than physics-based models and provide high accuracy (Ng et al. 2020; Zhu et al. 2022).

A key weakness of deep learning models is that they can be misled by input changes that are small enough to go unnoticed by the human eye but carefully chosen. These inputs, called adversarial examples, were first demonstrated in image classification (Szegedy et al. 2014) and were systematized with attacks such as the fast gradient sign method (FGSM) (Goodfellow et al. 2015) and projected gradient descent (PGD) (Madry et al. 2018). As cloud-based monitoring, in-vehicle networks, and remote access interfaces become widespread, BMS measurement data also becomes exposed to cyberattacks. Learning-based intrusion and anomaly detection for such cyber-physical systems has been studied, for example, in UAV networks with quantum-resilient federated, Byzantine-robust federated, and one-class learning frameworks (Batur Şahin 2026a, 2026b; Batur Şahin et al. 2026). An attacker who alters measurements slightly so an aged battery appears healthy may trigger unnecessary maintenance or, more dangerously, delay a replacement decision.

Studies addressing this topic in the battery domain are recent. Tiane et al. (2023) tested an LSTM-based SOH model with FGSM, BIM, and MIM attacks and proposed a detection-based defense that distinguishes attacked data with high accuracy using a support vector machine. Zheng et al. (2025) evaluated a residual convolutional network that estimates SOH from the Q(V) curve on the NCA and NCM datasets also used in this study, with untargeted, targeted, and semi-targeted PGD attacks; they reported that the error of the undefended model increased by more than tenfold and that adversarial training largely reduced this effect. Mohammadi and Sohn (2025) compared adversarial training and knowledge distillation defenses against FGSM and iterative FGSM attacks on a CNN model that converts measurements into images. Min et al. (2026) developed a transferable attack that corrupts the signal's low-frequency components in a black-box scenario where the model's internal structure is unknown; Lin et al. (2026) used reinforcement learning to generate adaptive, stealthy attacks that steer SOH estimation while evading anomaly detectors and physical constraints.

Most of these studies were conducted on a single dataset and a single architecture, and the results were mostly reported from a single run and without statistical testing. Moreover, defenses are rarely tested against adaptive attacks and gradient masking (Athalye et al. 2018). The contributions of this study are as follows: (i) the adversarial vulnerability of five deep learning architectures (CNN-LSTM, LSTM, GRU, CNN and MLP) was compared on three public datasets (NASA, NCA, NCM) under the same threat model; (ii) in addition to budgeted gradient attacks, the budget-free Carlini-Wagner attack, targeted attacks, sequence-based attacks and data poisoning were examined; (iii) every experiment was repeated with three seeds,

and the results were evaluated with cell-level paired Wilcoxon tests and Holm correction; (iv) the effect and the cost of adversarial training performed with attacks generated against the current model in every batch were reported on the NCA and NCM data.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Datasets

This study used three public datasets (Table 1). **NASA** dataset (Saha and Goebel 2007) contains 18650-type batteries aged at different temperatures and discharge currents. The initial calibration cycles (cycles until SOH first reached 90%) were removed, and the analysis included 20 batteries with at least 10 SOH degradation points. **Zhu et al. (2022) published NCA and NCM datasets. They cycled 66 and 55 commercial cells, respectively, at 25, 35,** and 45 °C under different current conditions. We applied the criterion of at least 25 valid cycles and at least 10 SOH degradation points to these datasets, leaving 62 cells for NCA and 39 for NCM.

Table 1. Summary of the datasets and the experimental protocol

	NASA	NCA	NCM
Cells analyzed	20	62	39
Input features	27 (24 discharge + 3 charge)	19 Q(V) points	19 Q(V) points
Window length/stride	30 cycles / 1	10 cycles / 5	10 cycles / 5
Split	Chronological (first 70% / last 30%)	Cell-wise	Cell-wise
Train/validation/test	823 / 145 / 413 windows	43 / 6 / 13 cells	28 / 3 / 8 cells
Test windows	413	948	1028
SOH range in test (%)	56.7–94.6	74.8–99.7	75.3–99.6

In the cell-wise split, test cells are never seen during training. On NASA, the first 70% of each battery is used for training and validation and the last 30% for testing; therefore, all 20 batteries are tested.

2.2. Feature extraction and preprocessing

For the NCA and NCM data, following Zheng et al. (2025), we computed the charge passed, Q(Vi), from each cycle's charge curve over the 3.55–3.74 V range in 0.01 V steps. Since the first point is zero by definition, it was removed, yielding 19 features per cycle. SOH was defined as the ratio (%) of the cycle's discharge capacity to the median capacity of the cell's first five valid cycles. For the NASA data, 24 features derived from the voltage, current, and temperature measurements of the discharge cycle (basic statistics, physics-based derived features, and moving averages) and 3 features extracted from the charge curve (the capacity charged in the 3.9–4.1 V range, the capacity charged in the constant-current phase, and the duration of this phase) were used.

The models estimate the SOH of the last cycle in a window by looking at windows made up of consecutive cycles. For NCA and NCM, one input consists of 10 × 19 = 190 numbers. We scaled inputs with a RobustScaler learned only from the training data by subtracting the median from each feature and dividing by the interquartile range (IQR); we scaled the target variable to the range [0, 1]. We augmented the training set by creating two copies and adding Gaussian

noise. Since the attack budgets are also defined in this IQR unit, $\varepsilon = 0.1$ means that each feature may be changed by 10% of its own IQR.

2.3. Models and training

Five architectures were compared: (1) **CNN-LSTM**: parallel Conv1D layers with three different kernel sizes, two bidirectional LSTM layers (128 and 64 units) and a temporal attention layer; (2) **LSTM**: two bidirectional LSTM layers and temporal attention; (3) **GRU**: a three-layer GRU (128, 64, 32); (4) **CNN**: parallel Conv1D layers with kernel sizes 3 and 5 and an additional convolutional block; (5) **MLP**: a multilayer fully connected network on the flattened window. For the NCA and NCM inputs, the parameter counts are 520,962, 324,392, 105,857, 67,969, and 158,721, respectively. We trained the models using the mean squared error loss function and the Adam optimizer. To stabilize training, we clipped gradients to a norm of 1.0, set the batch size to 64, and stopped training when the validation loss did not improve for 20 epochs. We trained each model three times with seeds 42, 123, and 2024. Ridge regression, gradient boosting (GBR), and XGBoost baseline models were also trained for comparison.

2.4. Threat model and attacks

We assumed the attacker knows the model's architecture and weights (white box) and can modify the measurement window sent to the BMS. The attacker's goal is either to push the SOH prediction away from the true value (untargeted) or to steer it in a particular direction (targeted). We bounded the perturbation for each feature by $\varepsilon \times$ IQR in the $L\infty$ norm, and clipped the result to the physical value range observed in the training data. The attacks applied within this framework are as follows:

- **FGSM** (Goodfellow et al. 2015): a single-step perturbation in the direction of the sign of the loss gradient.
- **PGD** (Madry et al. 2018): FGSM iterated 20 times with a step size of $2.5\varepsilon/20$; at each step, the perturbation is projected back onto the budget set, and two trials are run, one of them with a random start. The main budget is $\varepsilon = 0.1$; in addition, we swept $\varepsilon \in \{0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5\}$.
- **Random noise**: a randomly signed perturbation under the same L_∞ budget. It was used as a reference to separate whether the effect of gradient attacks comes from direction or merely from magnitude.
- **Targeted PGD**: an attack that tries to pull the prediction 10 points above the true SOH (the scenario of making an aged battery appear healthy).

- **Carlini-Wagner (CW)** (Carlini and Wagner 2017): a budget-free, optimization-based attack; adapted to regression, with 100 Adam steps and a five-step binary search. The mean L_∞ perturbation magnitude obtained is also reported separately.
- **Sequence attacks**: shifting or reversing the cycles in the window, shuffling 30% of them, or zeroing them out (skipping).
- **Data poisoning**: adding input and label noise to 10% and 20% of the training windows of the CNN-LSTM model.

To verify that the attacks are real and not affected by gradient masking, we checked whether the PGD error was larger than the FGSM and noise errors for each sample.

2.5. Defense

We first tried curriculum adversarial training (CAT), in which the initially trained model is fine-tuned in three stages with increasing budget, and a median filter along the time axis. Because these methods were limited, we applied standard PGD-based adversarial training (PGD-AT) (Madry et al. 2018). In PGD-AT, the model is trained from scratch, adversarial examples are generated in every batch against the current model with 7-step PGD, and the loss is computed as the equally weighted sum of the errors on clean and adversarial examples. The training budget equals the evaluation budget ($\varepsilon = 0.1$) and increases linearly during the first five epochs; we used the same augmented data as in the undefended model. We also tried TRADES (Zhang et al. 2019) after adapting it to regression. In addition to white-box PGD, we evaluated the defended models with stronger PGD (50 iterations, 5 random starts), a transfer attack, and, for the median filter, an adaptive BPDA attack that accounts for the filter (Athalye et al. 2018). We carried out the defense analysis on the NCA and NCM data.

2.6. Evaluation and statistical analysis

We measured performance by the mean absolute error (MAE) in SOH percentage points. We first averaged each cell's error over the three seeds and then over the cells; therefore, the statistical unit is the test cell. We compared models and defended/undefended conditions with a cell-level paired two-sided Wilcoxon signed-rank test (Wilcoxon 1945), and applied Holm correction (Holm 1979) for multiple comparisons. Bootstrap 95% confidence intervals were computed for the mean errors. Because the test tail in the chronological split covers a narrow SOH range, pooled R^2 rather than per-battery R^2 is reported for NASA.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Prediction performance on clean data

The errors obtained without attack are given in Table 2. On NCA and NCM, all deep learning models achieved an error below 1 SOH point and a pooled R^2 above 0.96. The GRU model has the lowest error on both datasets (NCA 0.553, NCM 0.487). On NCA, GRU and CNN are significantly better than MLP ($p < 0.01$ after Holm); the other differences are not significant after Holm correction. On the NASA data, errors are higher (1.96–2.38), and MLP has the lowest error; no significant differences among the models were found on this dataset after Holm correction. The higher error on NASA partly stems from the test tail extending to lower SOH values not seen in training: 10.9% of the test windows are below the SOH range of the training set. In addition, the test tail of six batteries consists of only three windows. On NASA, the mean error of the deep learning models is lower than that of the baseline models (best GBR, 3.40), but this difference is not statistically significant ($p = 0.11$ for CNN-LSTM versus GBR); on NCA and NCM, the best baseline models (GBR 0.78 on NCA, XGBoost 0.57 on NCM) are close to the deep models.

Table 2. Mean absolute error (MAE, SOH points) and pooled R^2 on the clean test data

	NASA		NCA		NCM	
Model	**MAE**	**R^2**	**MAE**	**R^2**	**MAE**	**R^2**
CNN-LSTM	2.32	0.825	0.72	0.988	0.54	0.975
LSTM	2.29	0.808	0.78	0.984	0.71	0.966
GRU	2.38	0.828	**0.55**	0.992	**0.49**	0.980
CNN	2.27	0.852	0.62	0.992	0.54	0.977
MLP	**1.96**	0.832	0.84	0.987	0.66	0.978

Values were averaged first over the three seeds and then over the test cells. The lowest MAE in each dataset is shown in bold.

3.2. Vulnerability under budgeted attacks

Table 3 summarizes the effect of attacks at the budget $\varepsilon = 0.1$. While random noise of the same budget increased the error only to a limited extent (hardly at all on NASA; at most 0.7 points for the models other than LSTM on NCA and NCM, and 1.3–1.9 points for LSTM), the perturbation chosen along the gradient direction multiplied the error several times over. PGD increased the error 2.0–3.1-fold on NASA and 4.6–21.6-fold on NCA and NCM. Across all datasets, in 99.5% to 100% of samples, PGD error was greater than or equal to FGSM and noise errors; this consistency indicates that the attacks on the undefended models are not affected by gradient masking and that the attack effect is real.

The most vulnerable model was LSTM: MAE rose from 0.78 to 16.10 on NCA and from 0.71 to 15.24 on NCM. This means that a battery whose true SOH is 80% can be displayed, on average, as 64% or 96%. The most accurate model on clean data is not the most robust one: while GRU gives the lowest error on clean data on NCA, its error increased 17-fold under PGD.

In contrast, MLP, one of the weakest models on clean data, showed the lowest absolute error and the lowest relative degradation under PGD on NCA and NCM. The relative degradation of CNN-LSTM on NCA is significantly lower than that of LSTM and GRU ($p < 0.001$) and significantly higher than that of MLP ($p = 0.002$). On the NASA data, the relative degradation is smaller; on this dataset, the most vulnerable model is CNN (3.1-fold).

Table 3. MAE (SOH points) under attacks at a budget of $\varepsilon = 0.1$ (IQR units, L_∞)

Dataset	Model	Clean	Noise	FGSM	PGD	PGD / Clean	CW
NASA	CNN-LSTM	2.32	2.31	4.18	4.61	2.0×	10.62
	LSTM	2.29	2.24	4.93	5.16	2.3×	13.55
	GRU	2.38	2.46	4.46	5.02	2.1×	14.05
	CNN	2.27	2.34	5.60	7.00	3.1×	19.15
	MLP	1.96	1.93	4.60	4.96	2.5×	13.77
NCA	CNN-LSTM	0.72	0.98	3.78	6.03	8.4×	11.46
	LSTM	0.78	2.67	9.74	16.10	20.6×	18.14
	GRU	0.55	1.23	5.44	9.43	17.1×	17.58
	CNN	0.62	1.11	2.74	5.98	9.6×	17.54
	MLP	0.84	1.30	3.62	4.91	5.8×	11.63
NCM	CNN-LSTM	0.54	0.63	3.31	3.96	7.3×	13.04
	LSTM	0.71	1.98	8.93	15.24	21.6×	20.66
	GRU	0.49	0.59	3.56	4.30	8.8×	13.79
	CNN	0.54	0.65	2.88	3.85	7.1×	11.08
	MLP	0.66	0.69	2.82	3.00	4.6×	10.97

PGD / Clean: ratio of the mean PGD error to the mean clean error. CW is budget-free; the mean L_∞ perturbation is approximately 2.2–2.3 IQR units on NASA and 0.36–0.62 on NCA and NCM.

3.3. Budget sweep, targeted attack and other attacks

Figure 1 shows how PGD error changes with the attack budget. The error increases monotonically with the budget in all models. On NCA and NCM, LSTM reaches an error above 6 points even at the smallest budget ($\varepsilon = 0.02$); for the other models, the error at $\varepsilon = 0.02$ is 1.1–3.3 points. The difference between models is largest at small and medium budgets; at very large budgets ($\varepsilon = 0.5$), all models reach an error of 11–24 points.

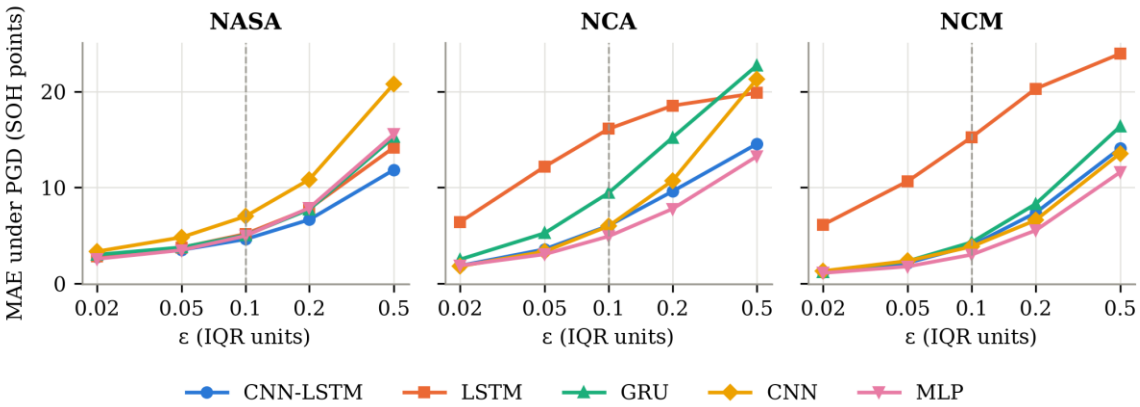


Figure 1. MAE under PGD attack as a function of the attack budget ε (horizontal axis logarithmic). The dashed line indicates the main budget ($\varepsilon = 0.1$).

In the targeted attack, the goal is to pull the prediction 10 points above the true SOH. At ε = 0.1, the prediction was pulled up by an average of 2.1 (MLP) to 7.4 (LSTM) points on NCA and by 2.3 (MLP) to 8.0 (LSTM) points on NCM; at ε = 0.5, this reaches 7–9 points for all models. In other words, a cell that is actually 80% healthy can be displayed as 87–89% healthy. This scenario is most dangerous when it delays a maintenance or replacement decision.

The budget-free CW attack produced higher errors than PGD on all datasets (10.6–20.7 points). On NCA and NCM, these errors were achieved with a mean perturbation of 0.36–0.62 IQR units; that is, a change roughly four to six times the main budget is enough to completely mislead the model. On NASA, the required perturbation is larger (about 2.2 IQR), consistent with the finding that NASA models are relatively more robust.

Sequence attacks remained much weaker. Shifting, reversing, and shuffling the cycles left the error close to the clean level in most models; cycle skipping, the most effective sequence attack, produced an error of 1.27–2.99 points on NCA and 1.21–2.35 points on NCM. Data poisoning affecting 10–20% of the CNN-LSTM model's training data increased the error by at most 11% on NCA and NCM, and did not increase it on NASA (−2.8% and −0.1%). In the NASA code, an ensemble anomaly detector was also tried. The detector distinguished the cycle-skipping attack with AUC = 0.84, but performed near random guessing on PGD and FGSM examples, with an AUC of 0.53–0.55. This result shows that detection-based defenses (Tiane et al. 2023) can fall short against small gradient-based perturbations.

In ablation experiments assessing the contribution of architectural components, removing the attention layer or the multi-scale convolution from CNN-LSTM did not reduce clean accuracy. The single-scale variant is significantly more robust than the full model under PGD on NASA and NCM ($p < 0.05$ after Holm). This finding shows that architectural complexity does not bring adversarial robustness.

3.4. Effect of the defense

The lightweight defenses tried first remained limited. Curriculum fine-tuning (CAT) markedly reduced the PGD error only in GRU (55% on NCA); in the other models, the reduction was at most 27%, or the effect went in the opposite direction. The median filter gain fell below 9% when the attacker accounted for the filter (BPDA). The student model trained with knowledge distillation also could not withstand the attack (clean 1.51, 6.36 under PGD on NCA).

PGD-AT, which generates attacks against the current model in every batch, markedly reduced attack error (Table 4). On NCM, the reduction ranged from 24% to 57% and was observed in 8 of 8 cells across all models ($p = 0.008$). On NCA, the reduction ranged from 19% to 66%, with

$p \leq 0.005$ for all models except CNN. In relative terms, the largest gain on NCA was obtained in GRU (9.69 → 3.27); on NCM, it was obtained in LSTM (57%), followed by GRU (4.18 → 1.98). The stronger PGD (50 iterations, 5 starts) increased the error by at most 4% in the models other than LSTM, and the transfer attack remained weaker than the white-box attack; this shows that the gain does not stem from gradient masking in these models. In LSTM, however, the stronger attack increased the error by 24% on NCA (7.68 → 9.54) and 11% on NCM (5.85 → 6.48); Table 4 therefore reports the stronger-attack values for this model, and partial gradient masking under the standard attack cannot be excluded.

Table 4. Effect of PGD-based adversarial training (ε = 0.1, white-box PGD, MAE)

Model	NCA (13 cells)				NCM (8 cells)			
	PGD before	PGD after	Reduction (%)	Clean after	PGD before	PGD after	Reduction (%)	Clean after
CNN-LSTM	6.21	3.15	49	1.50	3.68	2.18	41	0.70
LSTM	16.09	9.54	41	1.64	15.12	6.48	57	1.95
GRU	9.69	3.27	66	1.57	4.18	1.98	53	0.72
CNN	6.41	4.92	23	2.32	3.93	2.32	41	0.74
MLP	5.03	4.06	19	2.25	3.07	2.34	24	0.74

Before: undefended model; after: model trained with PGD-AT. Values are obtained with the standard white-box PGD described in Section 2.4 (20 iterations, 2 trials), except the "after" values of LSTM (*), which are obtained with a stronger PGD (50 iterations, 5 random starts) because the standard attack may overestimate robustness through gradient masking in this model. With the standard PGD, LSTM "after" values are 7.68 (NCA; 52% reduction) and 5.85 (NCM; 61% reduction). The undefended values come from models retrained in the same session, so the comparison is paired; therefore, they may differ slightly from Table 3. Values are the mean of three seeds.

This gain is not free. The clean-data error of the defended models increased by roughly a factor of 2 to 4 on NCA (for example, from 0.71 to 1.50 in CNN-LSTM). On NCM, the cost is smaller; the clean error did not change for MLP, increased by 24–43% for CNN-LSTM, GRU, and CNN, and increased by about 2.8-fold for LSTM. TRADES provided similar robustness across most models but increased clean error more. This trade-off between accuracy and robustness is also seen in Zheng et al. (2025).

3.5. Discussion and limitations

The findings are consistent with the literature (Zheng et al. 2025) that undefended deep learning-based SOH estimation models can be driven to errors of tenfold or more by small, targeted perturbations; in our experiments, this was observed for LSTM (on NCA and NCM) and GRU (on NCA), across two chemistries. Unlike the literature, this study shows that vulnerability depends largely on architecture. On NCA and NCM, the bidirectional LSTM with attention is the most vulnerable, while the simple MLP shows the lowest relative degradation. Therefore, model selection should not be made on clean accuracy alone.

The study has some limitations. First, the attacks were carried out under the white-box assumption, which represents the worst case. The study did not examine black-box and

frequency-based transfer attacks (Min et al. 2026), nor attacks that learn to evade detectors and physical constraints (Lin et al. 2026). Second, the budget is defined in IQR units; for direct comparison with other studies, it needs to be converted to a physical unit (Ah). Third, the number of test cells in NCM is 8. In this case, the smallest p-value a paired Wilcoxon test can produce is 0.0078, so the first Holm correction threshold (0.005) cannot be reached; the "no significant difference" results on NCM should be interpreted as insufficient statistical power, not equivalence. Fourth, the chronological split on NASA measures the scenario of predicting later cycles of the same battery; generalization to an unseen battery was not measured on this dataset. Finally, the PGD-AT defense has not yet been run on the NASA data.

4. CONCLUSION

In this study, we comparatively examined the vulnerability of five deep learning architectures used for lithium-ion battery SOH estimation to adversarial attacks on the NASA, NCA, and NCM datasets. On clean data, the models achieved high accuracy, with an error below 1 SOH point on NCA and NCM. However, a PGD attack limited to 10% of the IQR of each feature increased the error 2.0–3.1-fold on NASA and 4.6–21.6-fold on NCA and NCM, whereas random noise of the same budget had a much smaller effect. On NCA and NCM, the most vulnerable model was LSTM and the relatively most robust model was MLP. The targeted attack made the battery appear up to 7–9 points healthier. Adversarial training performed with attacks generated against the current model in every batch reduced the error under attack by 19–66% on NCA and NCM, at the cost of increasing the clean-data error.

The results show that high clean-data accuracy can be misleading from a security perspective, and that SOH models used in the BMS should also be evaluated for adversarial robustness. Future work includes applying adversarial training to the NASA data, testing physical consistency checks such as the monotonicity of the Q(V) curve against adaptive attacks, evaluating black-box and adaptive stealthy attacks, and combining detection-based defenses with robust models.

REFERENCES

Athalye A, Carlini N, Wagner D. (2018). Obfuscated gradients give a false sense of security: Circumventing defenses to adversarial examples. Proceedings of the 35th International Conference on Machine Learning (ICML), 274–283. https://doi.org/10.48550/arXiv.1802.00420.

Batur Şahin C. (2026a). Quantum-resilient federated learning for multi-layer cyber anomaly detection in UAV systems. Sensors, 26(2), 509. https://doi.org/10.3390/s26020509

Batur Şahin C. (2026b). Securing UAV swarms with vision transformers: A Byzantine-robust federated learning framework for cross-modal intrusion detection. Drones 10(2), 125. https://doi.org/10.3390/drones10020125

Batur Şahin C, Abdul Razak SF, Ullah A, Gündüz AF, Mohd Nawi N. (2026). HADAR-UAV: Risk-calibrated one-class learning framework for zero-day intrusion detection in unmanned aerial

vehicle networks. Computers, Materials & Continua 89(1), 49. https://doi.org/10.32604/cmc.2026.080874
Carlini N, Wagner D. (2017). Towards evaluating the robustness of neural networks. IEEE Symposium on Security and Privacy, 39–57.https://doi.org/10.1109/SP.2017.49.
Goodfellow IJ, Shlens J, Szegedy C. (2015). Explaining and harnessing adversarial examples. International Conference on Learning Representations (ICLR).https://doi.org/10.48550/arXiv.1412.6572
Holm, S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedure. Scandinavian Journal of Statistics 6(2), 65–70.https://www.jstor.org/stable/4615733.
Lin M, Li H, Meng J. (2026). Reinforcement learning-driven adaptive stealthy attacks manipulating battery state of health estimation. Applied Energy 421, 128217. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2026.128217
Madry A, Makelov A, Schmidt L, Tsipras D, Vladu A. (2018). Towards deep learning models resistant to adversarial attacks. International Conference on Learning Representations (ICLR). https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.06083.
Min K, Joo Y, Hong J, Kim H, Lee S, Son Y. (2026). Generating imperceptible adversarial examples via low-frequency-aware transfer attacks on battery management systems. Scientific Reports 16, 17907. https://doi.org/10.1038/s41598-026-49020-1
Mohammadi M, Sohn I. (2025). Adversarial defense for battery state-of-health prediction models. ICT Express 11, 436–441. https://doi.org/10.1016/j.icte.2025.03.011
Ng MF, Zhao J, Yan Q, Conduit GJ, Seh ZW. (2020). Predicting the state of charge and health of batteries using data-driven machine learning. Nature Machine Intelligence 2(3), 161–170. https://doi.org/10.1038/s42256-020-0156-7
Saha B, Goebel K. (2007). Battery data set. NASA Ames Prognostics Data Repository, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA. https://www.nasa.gov/intelligent-systems-division/discovery-and-systems-health/pcoe/pcoe-data-set-repository/.
Szegedy C, Zaremba W, Sutskever I, Bruna J, Erhan D, Goodfellow I, Fergus R. (2014). Intriguing properties of neural networks. International Conference on Learning Representations (ICLR). https://doi.org/10.48550/arXiv.1312.6199.
Tiane A, Okar C, Chaoui H. (2023). Adversarial defensive framework for state-of-health prediction of lithium batteries. IEEE Transactions on Power Electronics 38(10), 13147–13155. https://doi.org/10.1109/TPEL.2023.3288979.
Wilcoxon, F. (1945). Individual comparisons by ranking methods. Biometrics Bulletin 1(6), 80–83. https://doi.org/10.2307/3001968.
Zhang H, Yu Y, Jiao J, Xing E, El Ghaoui L, Jordan M. (2019). Theoretically principled trade-off between robustness and accuracy. Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning (ICML), 7472–7482.https://doi.org/10.48550/arXiv.1901.08573.
Zheng K, Li Y, Yang Z, Zhou F, Yang K, Song Z, Meng J. (2025). Adversarial training defense strategy for lithium-ion battery state-of-health estimation with deep learning. Energy 317, 134411. https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.134411
Zhu J, Wang Y, Huang Y, et al. (2022). Data-driven capacity estimation of commercial lithium-ion batteries from voltage relaxation. Nature Communications 13, 2261. https://doi.org/10.1038/s41467-022-29837-w

VINESEGFORMER-CBAM: A SEGFORMER-BASED MODEL INTEGRATING THE CONVOLUTIONAL BLOCK ATTENTION MODULE FOR VINE LEAF SEGMENTATION

Assoc. Prof. Dr. Birkan BÜYÜKARIKAN
Isparta University of Applied Sciences, Uluborlu Selahattin Karasoy Vocational School, Department of Computer Sciences, Isparta-Türkiye.
ORCID ID: 0000-0002-9703-9678

ABSTRACT

In viticulture, the accurately segmenting vine leaves are important for monitoring plant growth, estimating yield, and implementing precision agriculture practices. However, in images captured by unmanned aerial vehicles (UAVs), variable lighting conditions, shadows, soil, and other background elements make it difficult to distinguish the target vegetation at the pixel level. These challenges are increasing the need for segmentation methods that provide high accuracy. Deep learning-based methods offer effective solutions for vegetation segmentation by automatically learning distinctive features from images. Among these methods, the Transformer-based SegFormer architecture has been extensively used in recent years for the segmentation of complex images, thanks to its ability to extract multi-scale features and model global contextual relationships. In this context, an approach called VineSegFormer-CBAM has been proposed, which combines the SegFormer architecture with the Convolutional Block Attention Module (CBAM) for the segmentation of vine leaf images. In the study, the segmentation performance of the variants between SegFormer-B0 and SegFormer-B5 was first evaluated comparatively. Subsequently, CBAM was combined with the SegFormer variant that achieved the highest overall performance. For comparison purposes, the Efficient Channel Attention (ECA) and Squeeze-and-Excitation (SE) mechanisms were also applied separately to the same SegFormer architecture. The study was evaluated on a publicly available dataset consisting of 1128 image–mask pairs. According to the experimental results, the highest overall segmentation performance was achieved with the SegFormer-B5 model. This model has a precision of 0.644, a recall of 0.929, a Dice coefficient of 0.761, and an Intersection over Union (IoU) score of 0.614. The VineSegFormer-CBAM model, on the other hand, achieved a precision of 0.629, a recall of 0.938, a Dice coefficient of 0.753, and an IoU score of 0.603. In addition, the VineSegFormer-ECA model achieved a precision of 0.618, a recall of 0.947, a Dice coefficient of 0.748, and an IoU score of 0.598, while the VineSegFormer-SE model achieved a precision of 0.622, a recall of 0.935, a Dice coefficient of 0.747, and an IoU score of 0.596. The findings show that attention mechanisms enhance the detection recall of pixels

corresponding to vine leaves and that different attention mechanisms have different effects on segmentation performance.

Keywords: UAV imagery, vine leaf segmentation, SegFormer, CBAM, attention mechanisms

VINESEGFORMER-CBAM: ASMA YAPRAĞI SEGMENTASYONU İÇİN EVRİŞİMSEL BLOK DİKKAT MODÜLÜ İLE ENTEGRE EDİLMİŞ SEGFORMER TABANLI BİR MODEL

ÖZET

Bağcılıkta asma yapraklarının doğru bir şekilde segmentasyonu, bitki gelişiminin izlenmesi, verim tahmini ve hassas tarım uygulamaları açısından önem taşımaktadır. Ancak insansız hava aracı (İHA) ile elde edilen görüntülerde değişken aydınlatma koşulları, gölgeler, toprak ve diğer arka plan bileşenleri, hedef bitki örtüsünün piksel düzeyinde ayrıştırılmasını zorlaştırmaktadır. Bu zorluklar, yüksek doğruluk sağlayan segmentasyon yöntemlerine olan ihtiyacı artırmaktadır. Derin öğrenme tabanlı yöntemler görüntülerden ayırt edici özellikleri otomatik olarak öğrenerek bitki örtüsü segmentasyonunda etkili çözümler sunmaktadır. Bu yöntemler arasında yer alan Transformer tabanlı SegFormer mimarisi, çok ölçekli özellik çıkarımı ve küresel bağlamsal ilişkileri modelleme yeteneği sayesinde son yıllarda karmaşık görüntülerin segmentasyonunda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu kapsamda, asma yaprağı görüntülerinin segmentasyonu amacıyla SegFormer mimarisini Evrişimsel Blok Dikkat Modülü (CBAM) ile birleştiren VineSegFormer-CBAM adlı bir yaklaşım önerilmiştir. Çalışmada öncelikle SegFormer-B0 ile SegFormer-B5 arasındaki varyantların segmentasyon performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Ardından, en yüksek genel başarıyı gösteren SegFormer varyantına CBAM entegre edilmiştir. Çalışmada karşılaştırma amacıyla Verimli Kanal Dikkati (ECA) ve Sıkıştırma ve Uyarma (SE) mekanizmaları da aynı SegFormer mimarisine ayrı ayrı uygulanmıştır. Çalışma, 1128 görüntü–maske çiftinden oluşan açık erişimli bir veri seti üzerinde değerlendirilmiştir. Deneysel sonuçlara göre, en yüksek genel segmentasyon performansı SegFormer-B5 modeliyle elde edilmiştir. Bu modelin kesinlik değeri 0,644, geri çağırma değeri 0,929, Dice katsayısı 0,761 ve kesişim-birleşim oranı (IoU) 0,614'tür. VineSegFormer-CBAM modeli ise 0,629 kesinlik, 0,938 geri çağırma, 0,753 Dice katsayısı ve 0,603 IoU skoruna ulaşmıştır. Bununla birlikte, VineSegFormer-ECA modeli, 0,618 kesinlik, 0,947 duyarlılık, 0,748 Dice katsayısı ve 0,598 IoU skoru elde ederken, VineSegFormer-SE modeli ise 0,622 kesinlik, 0,935 geri çağırma, 0,747 Dice katsayısı ve 0,596 IoU skoruna ulaşmıştır. Bulgular, dikkat mekanizmalarının asma yapraklarına ait piksellerin tespit duyarlılığını artırdığını ve farklı dikkat mekanizmalarının segmentasyon performansı üzerinde farklı etkiler oluşturduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: İHA görüntüleri, asma yaprağı segmentasyonu, SegFormer, CBAM, dikkat mekanizmaları

1. INTRODUCTION

In viticulture, accurate and precise monitoring of plant-growth parameters, such as canopy structure, disease symptoms, and spatial variability, is crucial for improving the effectiveness of vineyard management (Vashisht et al., 2025). These growth parameters directly effect yield estimation, precision spraying, and sustainable production management (Ferro & Catania, 2023). Monitoring these parameters using traditional methods is quite difficult, time-consuming, and prone to observer error. Consequently, unmanned aerial vehicles (UAVs) have become an important tool for these monitoring processes, enabling the rapid and repeatable acquisition of high-spatial-resolution imagery (Aburasain et al., 2020; Barbedo, 2019; Gupta et al., 2013; Matese et al., 2015; Pádua et al., 2017). In UAV imagery, the successful separation of target plant areas from the background is crucial for the accuracy and reliability of subsequent analysis stages (De Castro et al., 2018; Matese et al., 2015; Poblete-Echeverría et al., 2017). Indeed, the irregular geometry of vegetation in vineyard areas, along with textural complexity, such as soil and weeds between rows, and shadows caused by variable lighting conditions, makes this separation difficult (Poblete-Echeverría et al., 2017). Overcome these challenges, deep learning-based approaches are increasingly being used (Kapetas et al., 2025).

With the development of the Fully Convolutional Networks (FCNs) architecture, effective image segmentation architectures such as U-Net, SegNet, and DeepLab have emerged, and research in this field has advanced significantly (Fang & Lafarge, 2019; Gidaris & Komodakis, 2015; Liu et al., 2019; Qin et al., 2020; Zhang et al., 2024). In light of these developments, various studies have been conducted using these methods to analyze images obtained from UAVs. For example, in their study aimed at the precise detection of downy mildew (*Plasmopara viticola)* in viticulture and the reduction of agricultural pesticide use, Kerkech et al. (2020) proposed a deep learning approach based on the fusion of UAV-based visible (RGB) and infrared (IR) images. They segmented the fused data at the pixel level using an FCN and classified the images into four classes: shadow, soil, healthy, and symptomatic. Similarly, Barros et al. (2022) used SegNet, U-Net, and ModSegNet models on RGB, multispectral, and thermal images from different vineyard areas. The authors reported that deep learning models performed better than traditional unsupervised methods. Leite et al. (2026) evaluated deep learning architectures such as U-Net, Feature Pyramid Network (FPN), and Pyramid Scene Parsing Network (PSPNet) using different backbone networks. The study reported that the U-

Net model achieved high segmentation accuracy, while FPN models using the Inception-v4 and Xception backbones demonstrated high performance in vineyard areas with vegetation between rows.

These studies in viticulture have shown that CNN-based deep learning architectures yield effective results in the segmentation of vine leaves and disease symptoms (Ferro et al., 2024; Kerkech et al., 2020). However, while CNN-based architectures are effective at extracting local texture, edge, and shape features, they may exhibit certain limitations in modeling long-range spatial dependencies. Transformer-based architectures, which can address some of these limitations, enable the extraction of more comprehensive global contextual information by modeling the relationships between different regions of an image. Architectures such as SegFormer, Mask2Former, and SegViTv2 have used prominence in recent years due to their ability to model long-range dependencies and capture contextual information (Guo et al., 2024; Xie et al., 2021; Zhang et al., 2024). Among these architectures, SegFormer is widely used in image segmentation studies due to its hierarchical structure and variants with different model capacities (Xie et al., 2021). For example, Kapetas et al. (2026) used the YOLOv11 and SegFormer architectures to detect downy mildew and gray mold (*Botrytis cinerea*) diseases. The authors achieved an Intersection over Union (IoU) of 94.32% for gray mold detection and 75.5% for downy mildew detection. Upadhyay & Gupta (2025) proposed a hybrid model that combines the SegLearner architecture, inspired by ResNet-50 and SegFormer, to assess pest-induced damage and disease severity on apple and guava leaves. In tests conducted on the Mask-LeafDataset and ADE20K datasets, the proposed model achieved mean IoU (mIoU) values of 91.4% and 45.8%, respectively.

Researchers have conducted studies on various attention mechanisms that highlight important features at the channel or spatial levels further to improve the segmentation performance of the SegFormer architecture (Nam-Huynh & Binh-Tran, 2025; Yang et al., 2023). For example, Yang et al. (2023) proposed the Efficient Channel Attention (ECA)-SegFormer model for the segmentation of disease spots on cucumber leaves. In experiments on a dataset of 1558 images with diseases such as downy mildew, powdery mildew, target spot, and angular leaf spot, the ECA-SegFormer model achieved an mIoU of 60.86%. The authors achieved a 1.47% improvement in mIoU compared to the SegFormer model. These studies highlight the potential of enhancing segmentation performance by integrating attention mechanisms into the SegFormer architecture. In this context, the motivation for this study is to combine attention

mechanisms into the SegFormer architecture to enable more effective learning of the distinctive features of vine leaves.

In this study, an approach that combines the SegFormer architecture with attention mechanisms is proposed for segmenting vine leaf images. The study first conducted a comparative evaluation of the segmentation performance of variants ranging from SegFormer-B0 to SegFormer-B5. Subsequently, the Convolutional Block Attention Module (CBAM) was integrated into the SegFormer variant that achieved the highest overall performance. For comparison, the ECA and Squeeze-and-Excitation (SE) mechanisms were also applied separately to the same architecture. The study was evaluated on a publicly available dataset.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Dataset details

In this study, the UAV-based Vine Leaf Instance Segmentation dataset was used. The dataset was published on Kaggle and is publicly accessible by Jan Richard Vahrenhold et al. (2026). The images were acquired via UAV flights conducted at an altitude of approximately 20 m above ground level (AGL) in an experimental vineyard belonging to the Bavarian State Institute for Viticulture and Horticulture, located near Himmelstadt in the state of Bavaria, Germany (49.923379° N, 9.818206° E). The dataset contains a total of 1128 image–mask pairs. The dataset is divided into three separate subsets: training, validation, and test (Jan Richard Vahrenhold et al., 2026). The training subset contains 732 pairs, the validation subset contains 157 pairs, and the test subset contains 239 pairs (Figure 1).

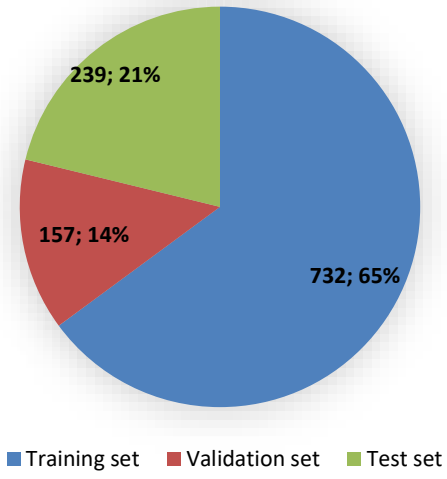


Figure 1. Distribution of the dataset across training, validation, and test sets

2.2. SegFormer architecture

SegFormer is a Transformer-based semantic segmentation architecture developed by Xie et al. (2021). This architecture consists of two main components such as a hierarchical Mix Transformer (MiT) encoder and a lightweight multi-layer perceptron (MLP) decoder. The MiT encoder processes the input image at different resolution levels to generate multi-scale feature maps. The decoder first projects the feature maps obtained from different stages of the encoder into a unified channel dimension. These feature maps are then upsampled to the same spatial resolution, concatenated, and fused to generate the final segmentation output (Belge & Karasu, 2025; Upadhyay & Gupta, 2025; Wang et al., 2025).

The SegFormer architecture can adapt to different input resolutions because it does not use fixed spatial encoding. This architecture has six variants, SegFormer-B0, SegFormer-B1, SegFormer-B2, SegFormer-B3, SegFormer-B4, and SegFormer-B5, which differ in terms of model capacity and computational complexity. SegFormer-B0 is the variant with the lowest model capacity, while SegFormer-B5 has the highest. This architecture is available through the Hugging Face Transformers library (Spasev et al., 2024).

2.3. Attention mechanisms

The CBAM is an attention mechanism developed to highlight important information in feature maps and suppress irrelevant information. CBAM consists of two sequential components such as channel attention and spatial attention. Channel attention determines the importance weights of individual channels by processing global average pooling (GAP) and global max pooling outputs through a shared MLP. Spatial attention, on the other hand, identifies important spatial regions by applying a convolutional layer to the concatenated average-pooled and max-pooled feature maps obtained along the channel dimension (Woo et al., 2018).

The SE consists of two main stages such as squeeze and excitation. In the squeeze stage, the spatial information of each channel is summarized into a single value through global average pooling. In the excitation stage, this information is processed through two fully connected layers and a sigmoid activation function to calculate the attention weights for each channel. The resulting weights are applied to the corresponding channels of the feature maps to emphasize important features and reduce the contribution of less informative ones (Hu et al., 2018).

The ECA first extracts channel-wise summary information through the GAP. Subsequently, a one-dimensional convolution with an adaptive kernel size is applied to this information to capture inter-channel dependencies. The attention weights calculated using a sigmoid activation

function are then multiplied by the feature maps to emphasize important channels (Wang et al., 2020).

2.4. Proposed approach

In this study, an approach named VineSegFormer-CBAM, which integrates the SegFormer architecture with the CBAM, was proposed for vine leaf segmentation. All variants of the SegFormer architecture, ranging from SegFormer-B0 to SegFormer-B5, were employed in this study. The models were implemented using PyTorch and the Hugging Face Transformers library.

The input images were resized to a resolution of 256 × 256 pixels using bilinear interpolation to ensure a consistent input size across the models and limit the computational cost during training. However, nearest-neighbor interpolation was used for the segmentation masks. The images were then scaled to the [0, 1] range and normalized using the ImageNet mean and standard deviation values. The segmentation masks were converted into binary format using a threshold value of 128. In addition, data augmentation techniques, including random horizontal and vertical flips, rotations in multiples of 90°, and brightness adjustments, were applied to the training data to improve the models' adaptability to different imaging conditions.

The AdamW optimization algorithm was used to all models. The batch size was set to 8, the maximum number of epochs to 50, the initial learning rate to 6×10^{-5}, and the weight decay coefficient to 1×10^{-4}. The sum of Binary Cross-Entropy (BCE) Loss and Dice Loss was used as the loss function. The learning rate was adjusted using the ReduceLROnPlateau scheduler based on the Dice coefficient obtained on the validation set, and the patience value for early stopping was set to 10. The model weights corresponding to the highest validation Dice coefficient were used during the testing phase (Table 1).

Table 1. Parameters used in training SegFormer-based models

Parameter	Value
Input image size	256 × 256 piksel
Batch size	8
Maximum number of epochs	50
Optimizer	AdamW
Initial learning rate	6×10^{-5}
Weight decay	1×10^{-4}
Loss function	BCE + Dice Loss
Learning rate scheduler	ReduceLROnPlateau
Scheduler factor	0,5
Scheduler patience	3
Early stopping patience	10
Prediction threshold	0,50
Dropout2d (attention-based models)	0,1

The architecture of the proposed VineSegFormer-CBAM model, developed based on SegFormer-B5, which achieved the highest segmentation performance, is illustrated in Figure 2. Feature maps with 64, 128, 320, and 512 channels were extracted from the four stages of the hierarchical MiT encoder of SegFormer-B5, respectively. These feature maps were projected into 256 channels using 1 × 1 convolution, Batch Normalization (BN), and ReLU activation. Subsequently, they were upsampled to the same spatial resolution using bilinear interpolation and concatenated. The concatenated features were then processed through a convolution-based fusion layer to obtain a 256-channel feature map. CBAM was applied after the feature fusion stage. To reduce over-reliance on the feature maps emphasized by CBAM and support the generalization ability of the model, Dropout2D with a dropout rate of 0.1 was applied to the output of the attention module. Subsequently, a 1 × 1 convolutional layer was used to transform the multi-channel feature maps into a single-channel output for binary segmentation. In the final stage, the model output was resized to the original input image resolution using bilinear interpolation. A sigmoid activation function was then applied to obtain pixel-level probability values, which were threshold at 0.5 to generate binary segmentation masks.

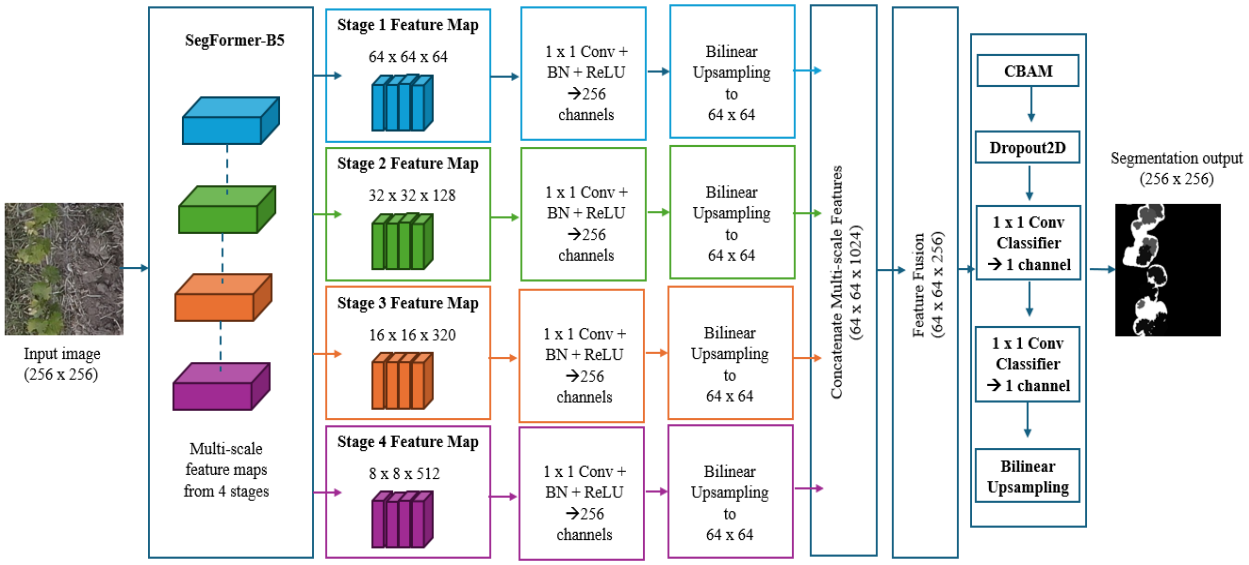


Figure 2. Architecture of the proposed VineSegFormer-CBAM model

In this study, the ECA and SE attention mechanisms were also integrated separately into the same feature fusion stage to evaluate the effectiveness of the CBAM mechanism comparatively. In the comparisons, the base network architecture, feature fusion operations, and training hyperparameters were kept constant, and only the attention mechanism used was changed. Furthermore, all experiments were conducted in Google Colab using a T4 GPU.

2.5. Evaluation criteria

To evaluate the segmentation performance of SegFormer-based models, this study used Precision, Recall, the Dice coefficient, and IoU score as metrics. These metrics, which measure pixel-level matching between the predicted segmentation masks and the ground-truth masks, were calculated using the micro-average approach, based on the counts of true positive (TP), false positive (FP), and false negative (FN) across the entire test set. The mathematical expressions for the metrics used in this study are given in Equations (1)–(4).

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (1)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

$$Dice\ coefficient = \frac{2xTP}{2xTP+FP+FN} \quad (3)$$

$$IoU = \frac{TP}{TP+FP+FN} \quad (4)$$

Here, metric values closer to 1 indicate higher segmentation performance.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Table 2 lists the performance results of SegFormer-based models. According to the experimental results, precision, the Dice coefficient, and IoU score tend to increase as model capacity expands. The SegFormer-B0 model exhibited the lowest segmentation performance, with a precision of 0.597, a recall of 0.892, a Dice coefficient of 0.715, and an IoU score of 0.557. The SegFormer-B5 model, on the other hand, achieved the highest segmentation performance among the models, with a precision of 0.644, a recall of 0.929, a Dice coefficient of 0.761, and an IoU of 0.614.

Table 2. Performance results for SegFormer variants

Model	Precision	Recall	Dice coefficient	IoU
SegFormer-B0	0.597	0.892	0.715	0.557
SegFormer-B1	0.606	0.924	0.732	0.577
SegFormer-B2	0.632	0.925	0.751	0.601
SegFormer-B3	0.638	0.928	0.756	0.608
SegFormer-B4	0.624	**0.941**	0.750	0.601
SegFormer-B5	**0.644**	0.929	**0.761**	**0.614**

The best performance is in the bold font

The Dice coefficient and IoU values were used to compare the models' overall segmentation performance, and the SegFormer-B5 model, which achieved the highest performance on these metrics, was selected. The performance results for the models obtained by combining SegFormer-B5 with the CBAM, ECA, and SE attention mechanisms are presented in Table 3.

According to the experimental results, the VineSegFormer-CBAM model achieved the highest segmentation performance, with a precision of 0.629, a Dice coefficient of 0.753, and an IoU score of 0.603. The VineSegFormer-CBAM model captured a larger portion of the target vine leaf pixels by increasing the recall value from 0.929 to 0.938. However, the decrease in this model's precision from 0.644 to 0.629 indicates that the attention mechanism increased the FP rate. Similarly, the Dice coefficient decreased from 0.761 to 0.753, and the IoU value decreased from 0.614 to 0.603.

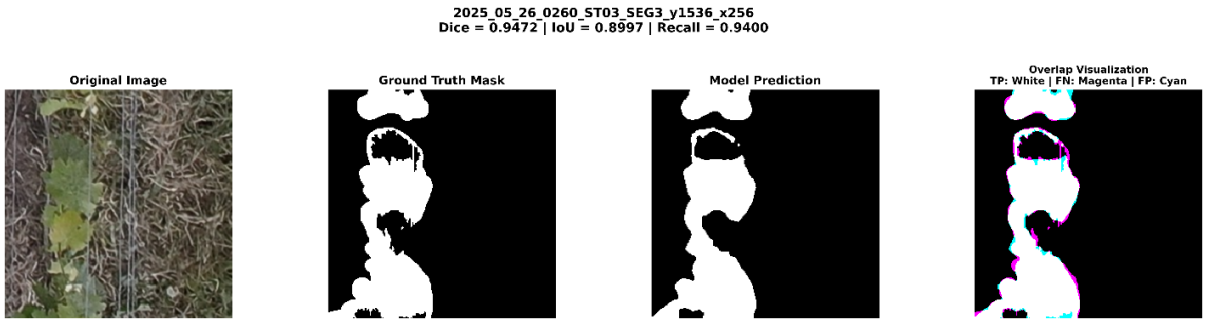
On the other hand, while the VineSegFormer-ECA model achieved the highest recall of 0.947, the VineSegFormer-SE model obtained the lowest Dice coefficient and IoU score despite a recall of 0.935. These findings show that different attention mechanisms have varying effects on segmentation performance. While the VineSegFormer-ECA model achieved higher recall for detecting target pixels, the VineSegFormer-CBAM model produced more balanced results across precision, Dice coefficient, and IoU score compared to the other models.

Table 3. Performance comparison of SegFormer-B5 models enhanced with different attention mechanisms

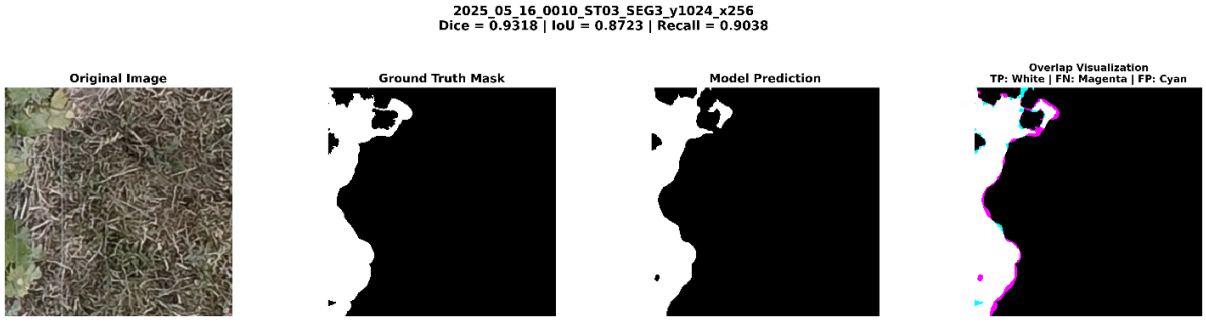
Model	Precision	Recall	Dice coefficient	IoU
VineSegFormer-CBAM	**0.629**	0.938	**0.753**	**0.603**
VineSegFormer-ECA	0.618	**0.947**	0.748	0.598
VineSegFormer-SE	0.622	0.935	0.747	0.596

The best performance is in the bold font

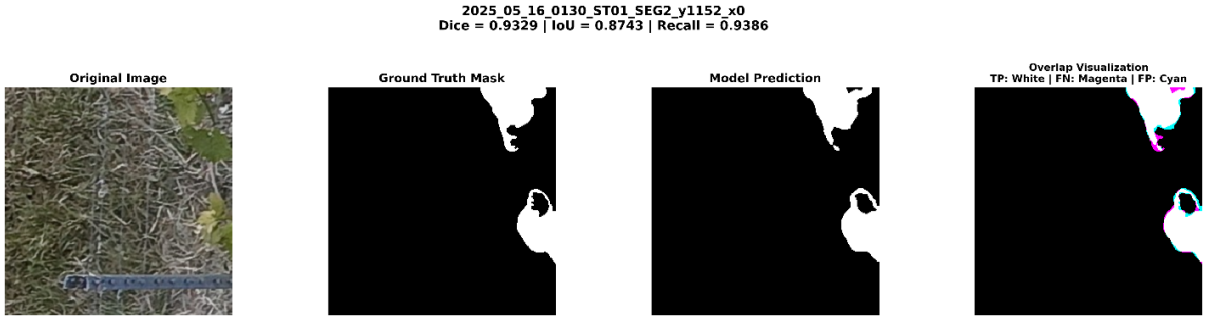
Figure 3 shows the segmentation results obtained from the VineSegFormer-CBAM model. According to the experimental results, the model can effectively distinguish vine leaves from complex patterns of soil and plant debris. In Figure 3(a), a Dice coefficient of 0.9472 and an IoU score of 0.8997 were obtained. In Figure 3(b), a Dice coefficient of 0.9318 and an IoU score of 0.8723. In Figure 3(c), a Dice coefficient of 0.9329 and an IoU score of 0.8743. It is observed that the predicted masks show a high degree of overlap with the ground-truth masks.



(a)



(b)



(c)

Figure 3. Representative segmentation results of the proposed VineSegFormer-CBAM model under different imaging conditions, in the overlap visualization, TP is shown in white, FN is shown in magenta, and FP is shown in cyan.

According to the results from this research, the capacity of the SegFormer model affects vine leaf segmentation prediction. The Dice coefficient and IoU score, which were 0.715 and 0.557 for SegFormer-B0, increased to 0.761 and 0.614, respectively, for SegFormer-B5. Furthermore, the integration of CBAM, ECA, and SE modules into the SegFormer-B5 architecture provided varying degrees of improvement. Specifically, the recall of 0.929 obtained by SegFormer-B5 increased to 0.938 for VineSegFormer-CBAM, 0.947 for VineSegFormer-ECA, and 0.935 for VineSegFormer-SE.

Nevertheless, this study has certain limitations. First, evaluating the models on a single dataset limits the generalizability of the findings to different vineyard environments and imaging

conditions. Additionally, resizing the input images to a resolution of 256 × 256 pixels may have affected the representation of small leaf regions and fine boundary details.

4. CONCLUSIONS AND FUTURE RECOMMENDATIONS

In this study, a model named VineSegFormer-CBAM, which combines the SegFormer architecture with the CBAM attention mechanism, was proposed for vine leaf segmentation. First, the segmentation performance of the SegFormer-B0–B5 variants were compared. Then, CBAM was integrated into the SegFormer-B5 architecture, which achieved the best performance. In addition, the ECA and SE attention mechanisms were separately integrated into the same architecture to compare their effects on segmentation performance.

According to the experimental results, SegFormer-B5 achieved the best overall segmentation performance, with a precision of 0.644, a recall of 0.929, a Dice coefficient of 0.761, and an IoU score of 0.614. The VineSegFormer-CBAM model achieved a Dice coefficient of 0.753 and an IoU score of 0.603. These findings show that both model capacity and the choice of attention mechanism are important for UAV-based vine leaf segmentation. In future studies, the proposed model should be tested in different vineyard areas and under different imaging conditions.

Data Availability

The publicly available "UAV-based Vine Leaf Instance Segmentation" dataset published on the Kaggle platform was used in this study. The dataset is accessible at https://www.kaggle.com/datasets/janvahrenhold26/vine-leaf-instance-segmentation.

REFERENCES

Aburasain, R. Y., Edirisinghe, E. A., & Albatay, A. (2020). Palm tree detection in drone images using deep convolutional neural networks: Investigating the effective use of YOLO v3. Conference on Multimedia, Interaction, Design and Innovation,

Barbedo, J. G. A. (2019). A review on the use of unmanned aerial vehicles and imaging sensors for monitoring and assessing plant stresses. *Drones*, *3*(2), 40.

Barros, T., Conde, P., Gonçalves, G., Premebida, C., Monteiro, M., Ferreira, C. S. S., & Nunes, U. J. (2022). Multispectral vineyard segmentation: A deep learning comparison study. *Computers and electronics in agriculture*, *195*, 106782.

Belge, E., & Karasu, S. (2025). Diş Segmentasyonunda Segformer Yönteminin Model Parametreleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, *8*(1), 132–141.

De Castro, A. I., Jiménez-Brenes, F. M., Torres-Sánchez, J., Peña, J. M., Borra-Serrano, I., & López-Granados, F. (2018). 3-D characterization of vineyards using a novel UAV imagery-based OBIA procedure for precision viticulture applications. *Remote sensing*, *10*(4), 584.

Fang, H., & Lafarge, F. (2019). Pyramid scene parsing network in 3D: Improving semantic segmentation of point clouds with multi-scale contextual information. *Isprs journal of photogrammetry and remote sensing*, *154*, 246–258.

Ferro, M. V., & Catania, P. (2023). Technologies and innovative methods for precision viticulture: a comprehensive review. *Horticulturae*, *9*(3), 399.

Ferro, M. V., Sørensen, C. G., & Catania, P. (2024). Comparison of different computer vision methods for vineyard canopy detection using UAV multispectral images. *Computers and electronics in agriculture*, *225*, 109277.

Gidaris, S., & Komodakis, N. (2015). Object detection via a multi-region and semantic segmentation-aware cnn model. Proceedings of the IEEE international conference on computer vision,

Guo, S., Yang, Q., Xiang, S., Wang, S., & Wang, X. (2024). Mask2Former with improved query for semantic segmentation in remote-sensing images. *Mathematics*, *12*(5), 765.

Gupta, S. G., Ghonge, D. M., & Jawandhiya, P. M. (2013). Review of unmanned aircraft system (UAS). *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) Volume*, *2*.

Hu, J., Shen, L., & Sun, G. (2018). Squeeze-and-excitation networks. Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition,

Jan Richard Vahrenhold, R. H., Daniel Heßdörfer, Tobias Ullmann, & Brandmeier., M. (2026). *UAV-based Vine Leaf Instance Segmentation*. https://www.kaggle.com/datasets/janvahrenhold26/vine-leaf-instance-segmentation

Kapetas, D., Christakakis, P., Naounoulis, I., Vagelas, I., Faliagka, S., Pechlivani, E. M., & Katsoulas, N. (2026). Multispectral AI-driven imaging for detection of downy mildew and gray mold in grapevines. *Smart Agricultural Technology*, 101990.

Kapetas, D., Kalogeropoulou, E., Christakakis, P., Klaridopoulos, C., & Pechlivani, E. M. (2025). Comparative Evaluation of AI-Based Multi-Spectral Imaging and PCR-Based Assays for Early Detection of Botrytis cinerea Infection on Pepper Plants. *Agriculture*, *15*(2), 164.

Kerkech, M., Hafiane, A., & Canals, R. (2020). Vine disease detection in UAV multispectral images using optimized image registration and deep learning segmentation approach. *Computers and electronics in agriculture*, *174*, 105446.

Leite, D., Marques, P., Pádua, L., Sousa, J. J., Morais, R., & Cunha, A. (2026). Deep-learning Grapevine Segmentation in UAV Imagery Across Different Vineyard Environments. *PFG–Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, *94*(1), 61–80.

Liu, C., Chen, L.-C., Schroff, F., Adam, H., Hua, W., Yuille, A. L., & Fei-Fei, L. (2019). Auto-deeplab: Hierarchical neural architecture search for semantic image segmentation. 2019 IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition (CVPR),

Matese, A., Toscano, P., Di Gennaro, S. F., Genesio, L., Vaccari, F. P., Primicerio, J., . . . Gioli, B. (2015). Intercomparison of UAV, aircraft and satellite remote sensing platforms for precision viticulture. *Remote sensing*, *7*(3), 2971–2990.

Nam-Huynh, N., & Binh-Tran, T. (2025). SegFormer3D-BMA: Enhancing 3D Medical Image Segmentation with BiMatch Attention Mechanisms. 2025 RIVF International Conference on Computing and Communication Technologies (RIVF),

Pádua, L., Vanko, J., Hruška, J., Adão, T., Sousa, J. J., Peres, E., & Morais, R. (2017). UAS, sensors, and data processing in agroforestry: A review towards practical applications. *International journal of remote sensing*, *38*(8-10), 2349–2391.

Poblete-Echeverría, C., Olmedo, G. F., Ingram, B., & Bardeen, M. (2017). Detection and segmentation of vine canopy in ultra-high spatial resolution RGB imagery obtained from unmanned aerial vehicle (UAV): A case study in a commercial vineyard. *Remote sensing*, *9*(3), 268.

Qin, X., Zhang, Z., Huang, C., Dehghan, M., Zaiane, O. R., & Jagersand, M. (2020). U2-Net: Going deeper with nested U-structure for salient object detection. *Pattern recognition*, *106*, 107404.

Spasev, V., Dimitrovski, I., Chorbev, I., & Kitanovski, I. (2024). Semantic segmentation of unmanned aerial vehicle remote sensing images using SegFormer. International Conference on Intelligent Systems and Pattern Recognition,

Upadhyay, N., & Gupta, N. (2025). SegLearner: A segmentation based approach for predicting disease severity in infected leaves. *Multimedia Tools and Applications*, *84*(34), 42523–42546.

Vashisht, A., Tekade, I., Shah, J., Sawarn, A., Yadav, D. S., Sontakke, P., & Patil, R. (2025). Effective Segmentation of Grape Leaves Using Segment Anything Model 2. International Conference on Smart Trends for Information Technology and Computer Communications,

Wang, F., Zhang, L., Jiang, T., Li, Z., Wu, W., & Kuang, Y. (2025). An improved segformer for semantic segmentation of UAV-based mine restoration scenes. *Sensors*, *25*(12), 3827.

Wang, Q., Wu, B., Zhu, P., Li, P., Zuo, W., & Hu, Q. (2020). ECA-Net: Efficient channel attention for deep convolutional neural networks. 2020 IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition (CVPR),

Woo, S., Park, J., Lee, J.-Y., & Kweon, I. S. (2018). Cbam: Convolutional block attention module. European conference on computer vision,

Xie, E., Wang, W., Yu, Z., Anandkumar, A., Alvarez, J. M., & Luo, P. (2021). SegFormer: Simple and efficient design for semantic segmentation with transformers. *Advances in neural information processing systems*, *34*, 12077–12090.

Yang, R., Guo, Y., Hu, Z., Gao, R., & Yang, H. (2023). Semantic segmentation of cucumber leaf disease spots based on ECA-SegFormer. *Agriculture*, *13*(8), 1513.

Zhang, B., Liu, L., Phan, M. H., Tian, Z., Shen, C., & Liu, Y. (2024). Segvit v2: Exploring efficient and continual semantic segmentation with plain vision transformers. *International Journal of Computer Vision*, *132*(4), 1126–1147.

FARKLI DİRENÇ NOKTA KAYNAĞI PARAMETRELERİYLE BİRLEŞTİRİLEN GI KAPLAMALI TBF1180 ÇELİĞİNİN ÖN METALOGRAFİK DEĞERLENDİRMESİ

Ufuk BATGA
Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye
ORCID ID: 0009-0002-5495-2106 | E-posta: ufukbatga@gmail.com
Doç. Dr. Yakup YÜREKTÜRK
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-8199-4032

ÖZET

Bu çalışmada, 1,6 mm kalınlığındaki galvaniz (GI) kaplamalı TBF1180 ileri yüksek dayanımlı çelik sacların orta frekanslı doğru akım (MFDC) direnç nokta kaynağıyla birleştirilmesinde farklı kaynak parametreleri altında oluşan kaynak bölgesinin metalografik özelliklerinin ve yüzey süreksizliği bulgularının ön değerlendirilmesi amaçlanmıştır. İncelemede S1, S2, S6 ve S7 numuneleri kullanılmıştır. Referans alınan S6 numunesinde kaynak akımı 9,2 kA, elektrot kuvveti 3,2 kN ve kaynak süresi 170 ms olarak belirlenmiştir. S1 için kaynak süresi 220 ms, S2 için kaynak akımı 10,0 kA ve S7 için elektrot kuvveti 3,8 kN olacak şekilde yalnızca ilgili parametre değiştirilmiştir. Hazırlanan metalografik kesitler optik mikroskopta makro ve mikro ölçekte incelenmiştir. Çekme-makaslama deneyleri sonrasında kopan numunelerdeki kaynak düğmesi çapları kumpasla ölçülmüştür. Ayrıca kaynaklı numuneler, iki farklı yönde mıknatıslama uygulanarak UV-A ışığı altında floresan manyetik parçacık muayenesine tabi tutulmuştur. Makro kesitlerde kaynak çekirdeği oluşumu, mikro görüntülerde ise ergime bölgesi ile çevresindeki bölgeler arasında kontrast ve morfoloji farklılıkları gözlenmiştir. Kaynak çekirdeğindeki bazı yapılar yönlenmiş katılaşma morfolojisiyle uyumludur. Çekme-makaslama sonrasında ölçülen kaynak düğmesi çapları S1, S2, S6 ve S7 numuneleri için sırasıyla 6,70; 6,62; 6,68 ve 6,42 mm olarak kaydedilmiştir. Floresan manyetik parçacık muayenesinde belirgin çatlak belirtisi gözlenmemiştir. Elde edilen bulgular, kaynak parametrelerine bağlı metalografik farklılıkların ön karşılaştırmasını sağlamakla birlikte, tekil çap ölçümleri istatistiksel bir etki kanıtı olarak yorumlanmamış; yüzey altı mikroçatlakların yalnızca bu muayeneyle dışlanamayacağı dikkate alınmıştır.

Anahtar kelimeler: TBF1180, direnç nokta kaynağı, metalografi, kaynak düğmesi çapı, floresan manyetik parçacık muayenesi

PRELIMINARY METALLOGRAPHIC EVALUATION OF GI-COATED TBF1180 STEEL JOINED USING DIFFERENT RESISTANCE SPOT WELDING PARAMETERS

ABSTRACT

This study aimed to provide a preliminary assessment of the metallographic characteristics of resistance spot-welded joints in 1.6 mm galvanized (GI-coated) TBF1180 advanced high-strength steel sheets produced by medium-frequency direct current (MFDC) welding under different welding parameters, together with findings from surface discontinuity examination. Four specimens, designated S1, S2, S6 and S7, were investigated. Specimen S6 served as the reference condition, with a welding current of 9.2 kA, an electrode force of 3.2 kN and a welding time of 170 ms. Only the corresponding parameter was changed for each comparison: a welding time of 220 ms for S1, a current of 10.0 kA for S2 and an electrode force of 3.8 kN for S7. Prepared metallographic cross-sections were examined by optical microscopy at macro- and microscales. Weld button diameters were measured with a caliper on specimens fractured after tensile-shear testing. Fluorescent magnetic particle testing was also performed under UV-A illumination, with magnetization applied in two directions. Macroscopic sections showed the formation of weld nuggets, while optical micrographs revealed differences in contrast and morphology between the fusion zone and adjacent regions. Some features within the nugget were consistent with a directionally solidified morphology. The measured post-test weld button diameters were 6.70, 6.62, 6.68 and 6.42 mm for S1, S2, S6 and S7, respectively. No distinct crack-related indication was observed during fluorescent magnetic particle inspection. These findings offer an initial comparison of metallographic features under different process settings. However, the individual diameter measurements were not treated as statistical evidence of a parameter effect, and the negative surface inspection result does not exclude subsurface microcracks.

Keywords: TBF1180, resistance spot welding, metallography, weld button diameter, fluorescent magnetic particle testing

COMPERATİVE INVESTİGATİON OF DİFFERENT WEAR CONDİTİONS İN Ti-6Al-7Nb ALLOY FOR BİOMEDİCAL APPLİCATİONS

Dr. Emrah MELETLİOĞLU
Ataturk University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, 25240 Yakutiye, Erzurum
ORCID ID: 0000-0002-6123-1609

ÖZET

Ti-6Al-7Nb alaşımı, kemik dokusuyla mekanik uyumluluk sağlama potansiyeli ve fizyolojik koşullar altında bozunmaya karşı gösterdiği direnç nedeniyle biyomedikal uygulamalarda sıklıkla tercih edilmektedir. Bununla birlikte, implant malzemelerinin uzun vadeli performansı yalnızca kendi içsel özelliklerine değil, aynı zamanda mekanik yükleme ve çevresel etkilere maruz kaldıklarında yüzey bütünlüklerini koruyabilme yeteneklerine de bağlıdır. Bu araştırmanın odak noktası, aşınma derinliği ile malzemenin hacim kaybı arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla iki cisimli aşınma karakteristiklerinin karşılaştırmalı olarak analiz edilmesidir. Aşınma deneylerine başlanmadan önce, titanyum numunelerin sertliği Vickers sertlik testi kullanılarak ölçülmüştür. Mevcut çalışma kapsamında numuneler 1,6 Hz frekansta iki cisimli aşınma testlerine tabi tutulmuştur. Her bir numune, saf su ortamında, 2 mm dikey ve 0,7 mm yatay hareketin birleşiminden oluşan çiğneme hareketi altında 1.000–5.000 çevrim boyunca aşındırılmıştır. Bruker Contour GT 3-D temassız profilometre kullanılarak aşınmış yüzeylerin maksimum aşınma derinliği ve hacim kaybı ölçülmüştür. Aşınmanın ilerleme yönüne dik doğrultuda ölçülen aşınma değerlerinin derinlik verileriyle karşılaştırılması, aşınma mekanizmasının ve malzeme kaybının daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada elde edilen bulgular, aşınma çevrimi sayısındaki artışın malzeme yüzeyindeki aşınma derinliğini ve hacim kaybını artırabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Ti-6Al-7NB, iki-cisimli aşınma, hacim kaybı, sertlik

COMPARATIVE INVESTIGATION OF DIFFERENT WEAR CONDITIONS IN TI-6AL-7NB ALLOY FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS

ABSTRACT

Ti-6Al-7NB is often preferred in biomedical applications because of its potential to provide mechanical compatibility with bone tissue and its resistance to degradation under physiological conditions. However, the long-term performance of implant materials depends not only on their intrinsic properties but also on their ability to maintain surface integrity under mechanical loading and environmental exposure. The focus of this investigation lies in conducting a comparative analysis of two-body wear characteristics, with the objective of ascertaining the correlation between wear depth and material volume loss. Prior to the commencement of the

wear experiments, the hardness of the titanium samples was measured using the Vickers hardness test. The present study involved the exposure of samples to two-body wear tests 1.6 Hz. Each sample was then exposed to 1,000–5,000 cycles of chewing in distilled water, involving a combined motion of 2 mm of vertical and 0.7 mm of horizontal movement. Utilising a Bruker Contour GT 3-D non-contact profilometer, the maximum wear depth and the volume loss of the worn surfaces were measured. Comparing wear measured in the direction it goes across with depth data enables a better understanding of wear and loss of material. The findings obtained in this study indicate that an increase in the number of wear cycles can increase the wear depth and volume loss on the material surface.

Keywords: Ti-6Al-7NB, two-body wear, volume loss, hardness

1. INTRODUCTION

The favourable mechanical properties, corrosion resistance, and biocompatibility of titanium alloys make them attractive candidates for various biomedical applications (Zhang and Chen 2019; Li et al. 2014). Among these materials, Ti-6Al-7NB alloy has considerable promise for implant applications because of its potential to provide mechanical compatibility with bone tissue and its resistance to degradation under physiological conditions (Yamazoe et al. 2007; Júnior et al. 2011). However, the long-term performance of implant materials depends not only on their intrinsic properties but also on their ability to maintain surface integrity under mechanical loading and environmental exposure.Therefore, understanding the tribological behavior of this alloy is essential for evaluating its durability and suitability for long-term biomedical applications.

Throughout their service life, biomedical implants are subjected to cyclic mechanical loading, relative motion, and interactions with surrounding biological fluids (Wang et al. 2021). These conditions may deteriorate surface integrity and contribute to progressive material loss. In dental applications, chewing generates complex mechanical interactions influenced by contact geometry, applied loads, and the presence of abrasive particles (Çomaklı et al 2025; Lanza et al. 2019). Nevertheless, the results obtained depend on the specific mechanisms and operating conditions reproduced by each test method. Material degradation can be caused by a number of factors, including sliding between contacting surfaces, particle-induced abrasion, cyclic loading, or the interaction of mechanical wear with electrochemical degradation (Pu et al. 2021). The severity of each wear mechanism is influenced by the properties of the tested material, the counterface, the applied load, surface conditions, and the surrounding environment (Wang et al 2026; Williams 2005). The measurement of wear depth and material volume loss

provides complementary information, with the former indicating the depth of surface damage and the latter quantifying the total amount of material removed. In order to accurately interpret the correlation between these parameters, it is necessary to consider both the wear-track geometry and the underlying material removal mechanisms. In light of the aforementioned background, the present study investigates the wear response of the Ti-6Al-7NB alloy under contact-based and contact-free testing conditions.

The focus of this investigation lies in conducting a comparative analysis of two-body wear characteristics, with the objective of ascertaining the correlation between wear depth and material volume loss.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Collection, preparation and analysis

In the present research study, the Ti-6Al-7Nb alloy was employed as the material for experimentation. The alloy is constituted primarily by titanium, accompanied by trace amounts of nitrogen (0.05 wt.%), carbon (0.08 wt.%), hydrogen (0.009 wt.%), iron (0.250 wt.%), oxygen (0.20 wt.%), aluminium (7.0 wt.%) and tantalum (0.5 wt.%). Disc-shaped specimens with a diameter of 12 mm and a thickness of 2 mm were obtained by means of sectioning and precision machining from the alloy bar. The sample surfaces were prepared by sequential grinding using silicon carbide (SiC) papers of progressively finer grades (100–2000 grit), followed by mirror finishing. In order to eliminate any residual impurities, the specimens were then subjected to ultrasonic cleaning in ethanol. As illustrated in Figure 1, the configuration of the apparatus and the conditions under which the tests were conducted are presented.

The chewing simulation tests were performed under controlled tribological conditions in order to investigate the wear behaviour of the test specimens. Applying the bite force was calibrated to a range of 50–70 N through the utilisation of a dead-weight loading system, while the test frequency was fixed at 1.6 Hz. Each sample was then exposed to 1,000–5,000 cycles of chewing in distilled water, involving a combined motion of 2 mm of vertical displacement and 0.7 mm of horizontal movement. During the course of the tests, alumina (Al_2O_3) balls with a diameter of 6 mm were utilised as antagonist materials. In order to simulate a range of different oral temperature conditions, it was necessary to maintain the water temperature at 37°C. Prior to the commencement of the wear experiments, the hardness of the titanium samples was measured using the Vickers hardness test. Following experiments, a Bruker Contour GT 3-D non-contact profilometer was used to assess surface topography, wear depth and volume loss.

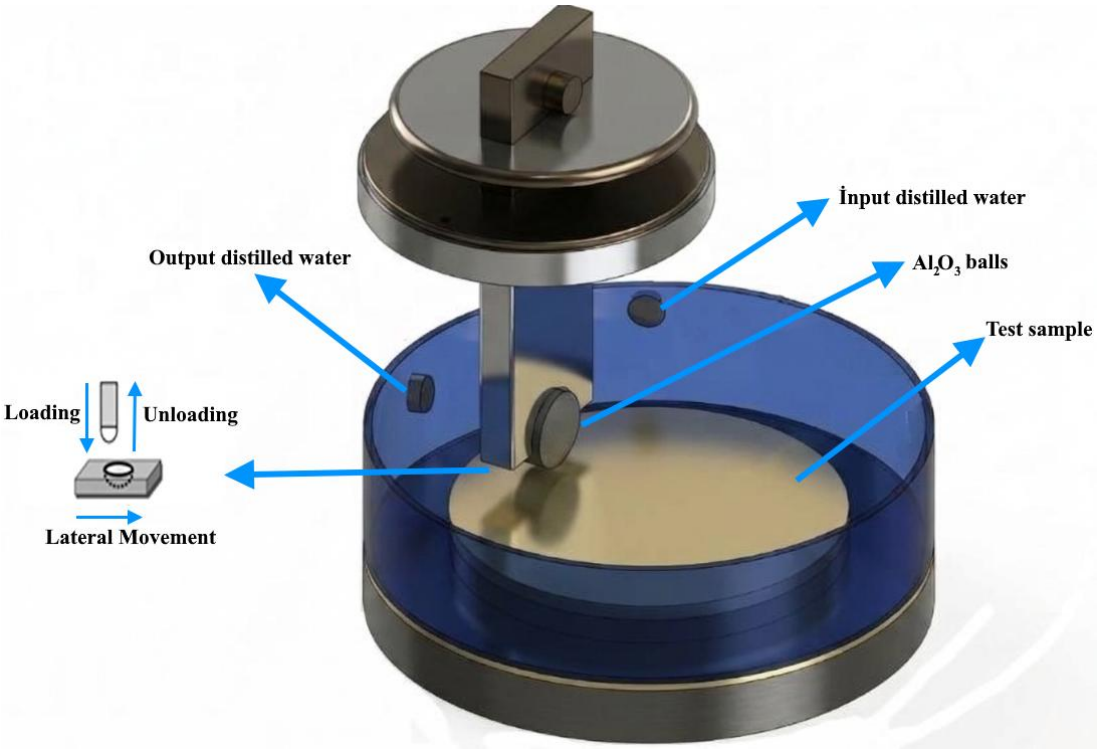


Figure 1. Schematic illustration of the masticatory wear mechanism

3. RESULTS AND DISCUSSION

For the purpose of this study, the hardness value of the Ti-6Al-7Nb sample was determined to be approximately 310 Vicker's Hardness (HV) prior to the wear test. Figures 2 and 3 present the wear depth profiles and two-dimensional volume loss assessments of the titanium alloy specimens obtained after the two-body wear experiments performed in distilled water using a non-contact profilometry technique.

The in vitro wear performance of biomaterials used in the human body can be analysed using two methods. The first method involves the use of destructive techniques, which entail the purposeful damage to the surface of the material or the physical examination of existing damage (Salimon et al 2022). The second method employs non-destructive measurement techniques, which evaluate surface geometry without the need for contact (Rahman et al 2026). Direct-contact wear (two-body wear), which is classified as one of the mechanisms of wear, exhibits distinct advantages and disadvantages (Meletlioğlu et al 2026). It is acknowledged that two-body wear behaviour is significantly influenced by experimental parameters, particularly the properties of the opposing surface, the applied load, sliding speed, lubrication and loading conditions. The elevated volumetric material loss observed in the present study can be attributed to the high hardness of the Al_2O_3 ball (1600 HV). Furthermore, a substantial correlation was

identified between the wear depth and the volume loss values calculated along the transverse axis.

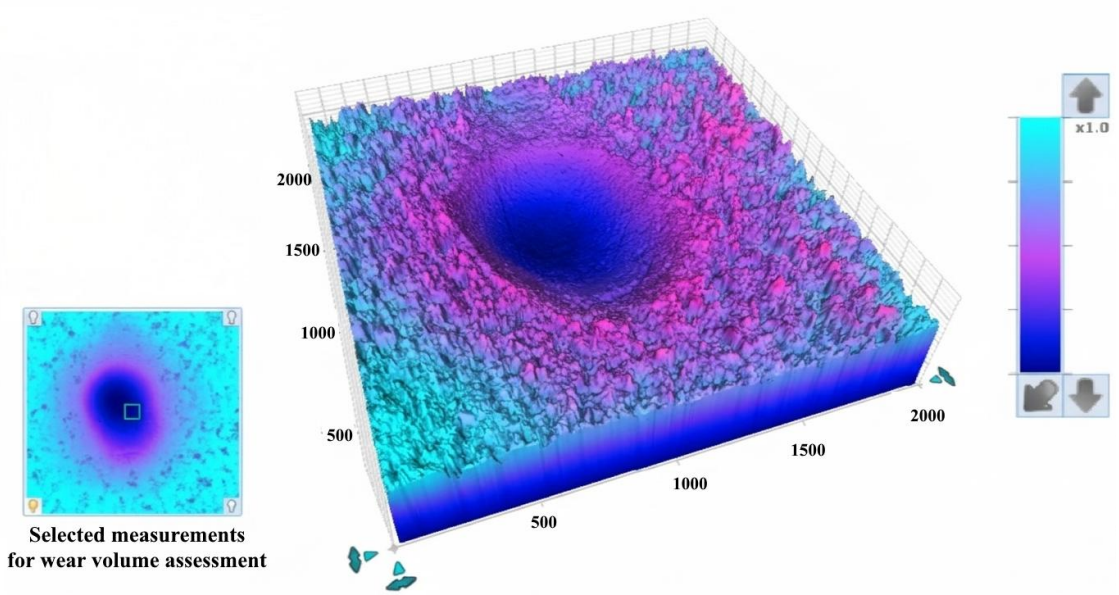


Figure 2. 3-D profilometric evaluation of wear volume in Ti-6Al-7Nb (50 N and 5000 cycles)

Surface topography data obtained using 3D non-contact profilometry provides important insights into the tribological performance of biomaterials under masticatory conditions. The forces applied during mastication result in the occurrence of both elastic and plastic deformations on the surface of the material. Furthermore, the repetitive contact movements that occur during mastication lead to the formation of permanent wear marks over time. In order to quantitatively characterise the surface changes that occur during this process, it is necessary to examine parameters such as wear depth and geometry. Comparing wear measured in the direction it goes across with depth data enables a better understanding of wear and loss of material.

In view of the intricate and recurrent nature of intraoral tribological conditions, it is imperative to ascertain the effect of the number of cycles on the wear behaviour of biomaterials. While a more limited wear zone was observed in the Ti-6Al-7Nb specimen subjected to a low number of cycles in Figures 3a and 3c, greater wear depths were determined in Figures 3b and 3d. The findings of this study indicate that an increase in the number of cycles may result in enhanced material loss and surface wear damage. Consequently, it is imperative to accurately determine the number of cycles in in vitro wear tests to evaluate the long-term tribological performance of biomaterials.

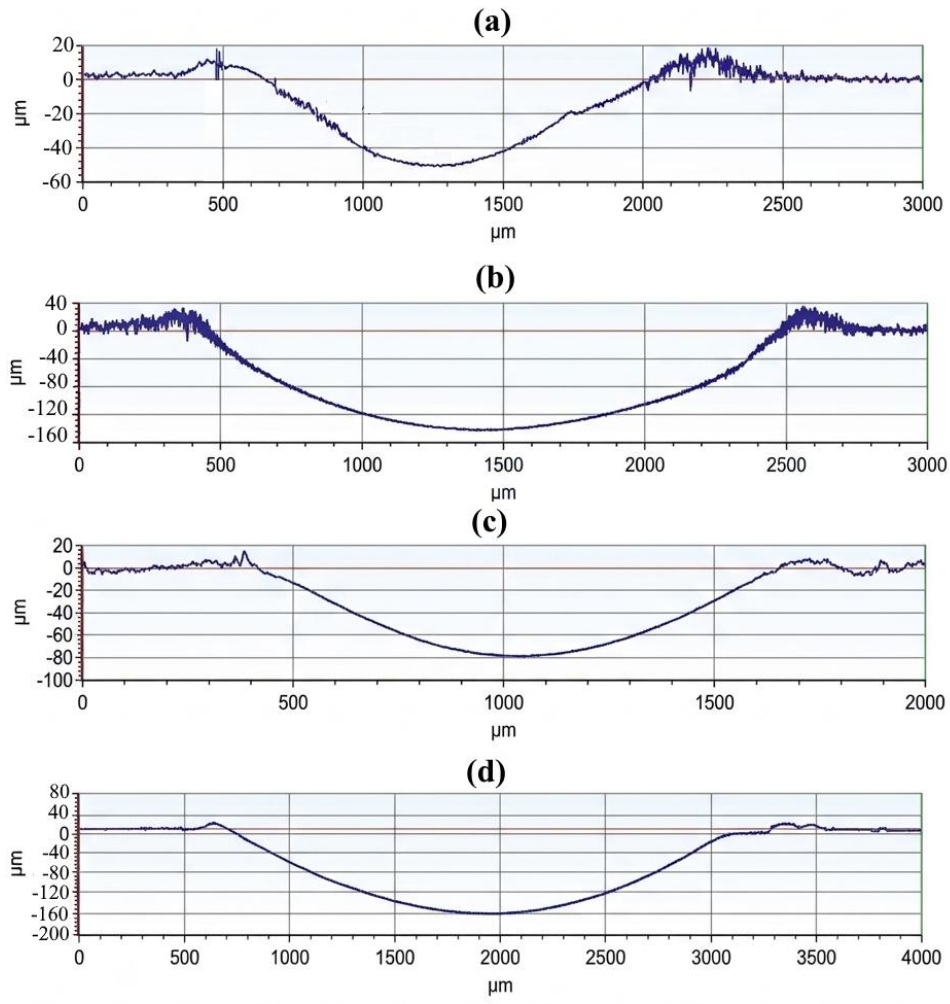


Figure 2. Analysis of the wear depth of the Ti-6Al-7Nb alloy: (a) 50 N, 1,000 cycles; (b) 50 N, 5,000 cycles; (c) 70 N, 1,000 cycles; (d) 70 N, 5,000 cycles

In order to model tribological processes in the human oral cavity, it is necessary to take into account not only variable masticatory forces and contact conditions, but also temperature changes. A range of in vitro research studies have been published in the academic literature investigating the wear behaviour of biomaterials (Lawson et al. 2013; Sethupaty et al. 2021). Repeated temperature changes in the oral environment have been demonstrated to affect the surface integrity and wear resistance of biomaterials. In consideration of the aforementioned factors, it is imperative to undertake a comprehensive evaluation of thermal cycles and the mechanical loading conditions in in vitro wear tests.

4. CONCLUSIONS

The findings obtained in this study indicate that an increase in the number of wear cycles can increase the wear depth and volume loss on the material surface.The observation that wear is predominantly concentrated in the direct contact zone underscores the significance of the applied mechanical loads and the material's deformation behaviour in the development of

surface damage. In future studies, it is recommended that the effects of temperature changes and the properties of antagonist materials on wear behaviour be investigated, with a view to modelling intraoral conditions more realistically. In addition, it is hypothesised that in vitro experiments involving varying loading conditions and thermal cycles will facilitate the evaluation of the long-term tribological performance of biomaterials.

REFERENCES

Çomaklı, O., Meletlioğlu, E., Sadeler, F., Çakır, M. A. (2025). Improvement of two-body wear behavior and biocompatibility of Ti15Mo alloys in dental applications by TiN, TiCN coatings. Journal of Materials Science, 60(40), 19327-19342.
Lanza, A., Ruggiero, A., Sbordone, L. (2019). Tribology and dentistry: A commentary. Lubricants, 7(6), 52.
Lawson, N. C., Janyavula, S., Cakir, D., Burgess, J. O. (2013). An analysis of the physiologic parameters of intraoral wear: a review. Journal of Physics D: Applied Physics, 46(40), 404007.
Li, Y., Yang, C., Zhao, H., Qu, S., Li, X., Li, Y. (2014). New developments of Ti-based alloys for biomedical applications. Materials, 7(3), 1709-1800.
Martins Júnior, J. R. S., Nogueira, R. A., Araújo, R. O. D., Donato, T. A. G., Arana-Chavez, V. E., Claro, A. P. R. A., Grandini, C. R. (2011). Preparation and characterization of Ti-15Mo alloy used as biomaterial. Materials Research, 14(1), 107-112.
Meletlioğlu, E., Sadeler, R., Keleş, S. (2023). Development of silver film coating on dental ti15mo alloy to enhance two-body wear resistance, biocompatibility and cytotoxicity effect. Matéria (Rio de Janeiro), 28, e20230044.
Pu, J., Liu, C., Si, Y., Cui, W., Zhang, C., Song, J. (2026). Tribocorrosion of metallic biomaterials under simulated inflammation conditions: Current status and future prospects. Advanced Healthcare Materials, 15(7), e02419.
Rahman, M. A., Khan, M. A. H., Mai, T., Kim, J. (2026). Non-Contact and Non-Destructive Detection of Structural Defects in Bioprinted Constructs Using Video-Based Vibration Analysis. Bioprinting, e00490.
Salimon, A. I., Statnik, E. S., Kan, Y., Yanushevich, O. O., Tsarev, V. N., Podporin, M. S., Korsunsky, A. M. (2022). Comparative study of biomaterial surface modification due to subcritical CO2 and autoclave disinfection treatments. The Journal of Supercritical Fluids, 191, 105789.
Sethupathy, P., Moses, J. A., Anandharamakrishnan, C. (2021). Food oral processing and tribology: Instrumental approaches and emerging applications. Food Reviews International, 37(5), 538-571.
Wang, L., Ding, X., Feng, W., Gao, Y., Zhao, S., Fan, Y. (2021). Biomechanical study on implantable and interventional medical devices. Acta Mechanica Sinica, 37(6), 875-894.
Wang, X., Zhao, W., Shi, T., Cheng, L., Hu, S., Zhou, C., Liaw, P. K. (2025). A review on tribological wear and corrosion resistance of surface coatings on steel substrates. Coatings, 15(11), 1314.
Williams, J. A. (2005). Wear and wear particles—some fundamentals. Tribology International, 38(10), 863-870.
Yamazoe, J., Nakagawa, M., Matono, Y., Takeuchi, A., Ishikawa, K. (2007). The development of Ti alloys for dental implant with high corrosion resistance and mechanical strength. Dental Materials Journal, 26(2), 260-267.
Zhang, L. C., Chen, L. Y. (2019). A review on biomedical titanium alloys: recent progress and prospect. Advanced Engineering Materials, 21(4), 1801215.

DİJİTALLEŞME SÜRECİNDE ETİK, VERİ GÜVENLİĞİ VE BİREYSEL SORUMLULUK

Dr. Emin ŞEŞEN
Düzce Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Merkez
Düzce
ORCID ID: 0000-0002-1284-3916
Assoc. Prof. Dr. Serdar KIRIŞOĞLU
Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Merkez
Düzce
ORCID ID: 0000-0002-4416-6657

ÖZET

Dijital teknolojiler bilgiye erişimi ve kurumların çalışma biçimlerini dönüştürürken kişisel verilerin korunması, algoritmik kararların adilliği ve siber saldırılara karşı dayanıklılık konularını da öne çıkarmaktadır. Bu bildiri, dijitalleşmenin sunduğu olanaklarla doğurduğu etik ve güvenlik risklerini birlikte ele almayı amaçlamaktadır. Çalışma, doküman incelemesine dayalı betimleyici nitel bir değerlendirme olarak yürütülmüş; dijital dönüşüm, yapay zekâ etiği, kişisel verilerin korunması ve siber güvenlik alanlarındaki akademik ve kurumsal kaynaklar karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. İnceleme, dijital dönüşümün yalnızca teknik araçların kullanımından ibaret olmadığını; iş süreçlerini, karar mekanizmalarını ve toplumsal ilişkileri değiştirdiğini göstermektedir. Bu değişimin güvenilir biçimde yönetilmesi için veri minimizasyonu ve şeffaflık, insan hakları ve adalet odaklı tasarım, kurumsal risk yönetimi ve kullanıcı farkındalığı birlikte gereklidir. Cambridge Analytica vakası, geniş ölçekli veri işlemenin rıza ve amaçla sınırlılık bakımından doğurabileceği sorunları örneklemektedir. Sonuç olarak dijital güvenlik, yalnızca son kullanıcıların dikkatine bırakılamaz; kurumların yönetişim, teknik önlem ve eğitim sorumluluklarıyla desteklenmelidir.

Anahtar kelimeler: Dijital dönüşüm, dijital etik, kişisel verilerin korunması, siber güvenlik, sosyal mühendislik

ETHICS, DATA SECURITY, AND INDIVIDUAL RESPONSIBILITY IN THE PROCESS OF DIGITALIZATION

ABSTRACT

Digital technologies are changing access to information and organizational processes while raising concerns about personal data protection, fairness in algorithmic decisions, and resilience against cyberattacks. This paper examines the opportunities of digitalization alongside its ethical and security risks. It uses qualitative document analysis to examine selected academic and institutional sources on digital transformation, AI ethics, personal data protection, and cybersecurity. The analysis indicates that digital transformation involves more than adopting technical tools: it also changes work processes, decision-making, and social relations.

Responsible governance therefore requires transparency and data minimization, rights-based and fair design, organizational risk management, and user awareness. The Cambridge Analytica case illustrates the risks that large-scale data processing can create for consent and purpose limitation. The paper concludes that digital security cannot rest solely on end-user vigilance; it must be supported by organizational governance, technical safeguards, and education.

Keywords: Digital transformation, digital ethics, personal data protection, cybersecurity, social engineering

1. GİRİŞ

Dijital teknolojiler kamu hizmetlerinden eğitime, sağlıktan ticarete kadar çok sayıda alanda bilgi üretme, saklama ve paylaşma biçimlerini değiştirmiştir. Bu değişim, işlemlerin hızlanması ve hizmetlere uzaktan erişim gibi olanaklar sağlarken kişisel verilerin yoğun biçimde işlenmesini ve kararların giderek daha fazla yazılım sistemleri aracılığıyla verilmesini de beraberinde getirmiştir. Bu nedenle dijitalleşme, yalnızca teknik altyapı yatırımı olarak değil; kurumların değer üretme biçimlerini ve toplumla ilişkilerini yeniden düzenleyen bir dönüşüm olarak değerlendirilmelidir (Vial, 2019).

Dijital ortamda güven, kişilerin verilerinin hangi amaçla işlendiğini bilmesine, otomatik sistemlerin sonuçlarının sorgulanabilmesine ve güvenlik risklerinin yönetilmesine bağlıdır. UNESCO'nun yapay zekâ etiği tavsiyesi insan onuru, haklar, adalet ve şeffaflığı temel alırken, Türkiye'de 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kişisel veri işleme faaliyetlerine ilişkin ilkeleri ve veri sorumlularının yükümlülüklerini düzenlemektedir (Kişisel Verileri Koruma Kurumu [KVKK], 2016; UNESCO, 2021).

Bu bildirinin amacı, dijitalleşmenin yararlarını etik ve güvenlik riskleriyle birlikte değerlendirmek ve birey, kurum ve düzenleyici çerçevelerin sorumluluklarını tartışmaktır. Çalışma üç soruya odaklanır: Dijital dönüşüm hangi toplumsal ve kurumsal değişimleri doğurur? Dijital etik ve kişisel verilerin korunması hangi ilkelerle güvence altına alınabilir? Sosyal mühendislik ve diğer siber tehditlere karşı hangi önlemler uygulanabilir?

2. YÖNTEM

Bu çalışma, dijitalleşmenin etik ve güvenlik boyutlarını ele alan betimleyici nitel doküman incelemesidir. İnceleme kapsamına dijital dönüşüm literatüründeki hakemli bir derleme ile UNESCO'nun yapay zekâ etiği tavsiyesi, Türkiye'nin 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu, ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsünün (NIST) Siber Güvenlik Çerçevesi 2.0 ve Birleşik Krallık Bilgi Komiserliği Ofisinin (ICO) Cambridge Analytica incelemesi alınmıştır.

Kaynaklar; dijital dönüşüm, veri mahremiyeti, etik yönetişim ve siber güvenlik temalarını doğrudan ele almaları ve akademik, hukuki ya da resmî kurumsal nitelik taşımaları ölçütlerine göre amaçlı olarak seçilmiştir. Belgeler bu temalar çerçevesinde incelenmiş; ortak ilkeler, risk alanları ve aktörlerin sorumlulukları betimsel olarak sentezlenmiştir.

Çalışmada saha verisi toplanmamış ve nedensel ilişkiler test edilmemiştir. Bu nedenle sonuçlar, seçilen belgelerin kavramsal karşılaştırmasına dayanmaktadır.

3. DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN KAPSAMI VE ETKİLERİ

Dijitalleşme, analog bilgi ve işlemlerin dijital biçime aktarılmasını ifade ederken dijital dönüşüm, dijital teknolojilerin kurumun süreçlerinde, iş modelinde ve değer üretme biçiminde kapsamlı değişikliklere yol açmasını kapsar. Vial (2019), dönüşümü teknolojik değişimlerin yarattığı aksaklıklara verilen stratejik yanıtlar ve bu yanıtların örgütsel sonuçları üzerinden ele alır. Bu ayrım önemlidir: Bir kurumun yeni bir yazılım edinmesi tek başına dönüşümün tamamlandığını göstermez; teknolojinin iş akışlarına, çalışanların rollerine ve hizmet alanların deneyimine nasıl yansıdığı da değerlendirilmelidir.

Dijital araçlar bilgiye erişimi hızlandırabilir, tekrarlanan işlemleri otomatikleştirebilir ve coğrafi uzaklıkların hizmete erişimdeki etkisini azaltabilir. Analitik sistemler karar vericilere büyük veri kümelerini inceleme olanağı sunar. Bununla birlikte bu yararlar, kullanılan verinin niteliğine, erişimin adil dağılımına ve karar süreçlerinin hesap verebilirliğine bağlıdır. Otomasyon bazı görevleri dönüştürürken çalışanların beceri gereksinimlerini de değiştirebilir. Bu nedenle dijital dönüşüm politikaları verimlilik hedeflerinin yanında erişilebilirlik, beceri gelişimi ve olası eşitsizlikleri de gözetmelidir.

Dijital sistemlerin yaygınlaşması, hizmetlerin ve ekonomik ilişkilerin kesintisiz biçimde veri altyapılarına bağlanması anlamına gelir. Bu bağımlılık, veri kaybı veya hizmet kesintisi yaşandığında etkilerin birden çok kişi ve kuruma yayılmasına yol açabilir. Kurumların dönüşüm planları bu yüzden yalnızca yeni teknolojinin sağlayacağı kazançları değil, sistemin çalışmaması veya kötüye kullanılması halinde ortaya çıkacak sonuçları da hesaba katmalıdır.

4.DİJİTAL ETİK VE VERİ MAHREMİYETİ

Dijital etik, teknolojilerin tasarımında ve kullanımında insan hakları, özerklik, adalet, açıklanabilirlik ve zararları önleme gibi değerlerin dikkate alınmasını gerektirir. UNESCO (2021), yapay zekâ sistemlerinin önyargı ve ayrımcılığı büyütebileceğine, şeffaflık ve anlaşılabilirliğin önemine dikkat çeker. Bu ilkeler yalnızca yapay zekâya özgü değildir; kişileri sınıflandıran, öneri sunan veya hizmete erişim konusunda karar veren diğer dijital sistemler için de yol göstericidir.

Etik ilkelerin uygulamaya yansıması için kurumlar, hangi veriyi hangi amaçla topladıklarını ve bu veriye kimlerin eriştiğini açıklamalıdır. Gereğinden fazla veri toplamak, veri ihlali halinde zarar görebilecek kişi sayısını ve verinin başka amaçlarla kullanılma olasılığını artırır. Bu nedenle veri minimizasyonu, saklama süresinin sınırlandırılması ve erişimin görev gereği olan kişilerle kısıtlanması mahremiyet korumasının temel unsurlarıdır. Kullanıcılara verilen bilgilendirme, teknik bir metin yayımlamakla sınırlı kalmamalı; işleme amacı ve hak arama yolları anlaşılır biçimde açıklanmalıdır.

6698 sayılı Kanun, kişisel verilerin işlenmesinde hukuka ve dürüstlük kurallarına uygunluk, belirli ve meşru amaç, amaçla bağlantılı ve sınırlı olma ve gerekli süre kadar muhafaza gibi ilkeler öngörür. İlgili kişiler, verilerinin işlenip işlenmediğini öğrenme, bilgi talep etme, yanlış verilerin düzeltilmesini ve şartları oluştuğunda verilerin silinmesini veya yok edilmesini isteme gibi haklara sahiptir (KVKK, 2016). Bu çerçeve, mahremiyeti yalnızca kullanıcının ayarlarına bağlı bir tercih olmaktan çıkarıp veri sorumlusu için hukuki ve kurumsal bir yükümlülük haline getirir.

Cambridge Analytica incelemesi, üçüncü taraf uygulamalar üzerinden toplanan Facebook verilerinin uygulama kullanıcılarının arkadaşlarını da kapsayacak biçimde yaklaşık 87 milyon kişiye ulaştığını ortaya koymuştur (Information Commissioner's Office [ICO], 2018). Vaka, teknik erişim imkânının tek başına meşru kullanım anlamına gelmediğini; kullanıcıların makul beklentileri, bilgilendirme, amaçla sınırlılık ve veri paylaşımının kapsamı gibi meselelerin birlikte ele alınması gerektiğini gösterir.

5. SİBER GÜVENLİK VE SOSYAL MÜHENDİSLİK

Siber güvenlik, bilgi sistemlerinin gizliliğini, bütünlüğünü ve erişilebilirliğini korumaya yönelik teknik ve yönetsel faaliyetleri kapsar. NIST'in Siber Güvenlik Çerçevesi 2.0; yönetişim, tanımlama, koruma, tespit, müdahale ve iyileştirme işlevleri etrafında kurumların risklerini yönetmesine yardımcı olur (National Institute of Standards and Technology [NIST], 2024). Bu yaklaşım, güvenliği yalnızca saldırıdan önce alınan önlemlerle sınırlamaz; olayın fark edilmesini, etkisinin sınırlandırılmasını ve hizmetlerin yeniden işler hale getirilmesini de içerir.

Sosyal mühendislik saldırıları, teknik açıklıklardan yararlanmanın yanında kişilerin güven, korku, merak veya acele etme eğilimlerini kullanarak bilgi vermelerini ya da belirli bir işlemi yapmalarını hedefler. Oltalama mesajları, sahte kurum kimlikleri ve acil işlem talebi içeren e-postalar bu yaklaşımın yaygın örnekleridir. CISA, beklenmedik mesajlardaki bağlantılara tıklamadan önce gönderenin bağımsız bir kanaldan doğrulanmasını ve kişisel veya

finansal bilgi isteyen mesajlara temkinli yaklaşılmasını önerir (Cybersecurity and Infrastructure Security Agency [CISA], 2022).

Bireyler güçlü ve benzersiz parolalar kullanabilir, çok faktörlü kimlik doğrulamayı etkinleştirebilir, yazılımlarını güncel tutabilir ve şüpheli talepleri gönderen kurumun bilinen iletişim kanalı üzerinden doğrulayabilir. Ancak bu önlemler kurumsal sorumluluğun yerini tutmaz. Kurumların çalışanlara düzenli farkındalık eğitimi vermesi, ayrıcalıklı erişimleri sınırlaması, yedekleme ve olay müdahale planlarını uygulaması, tedarikçi risklerini izlemesi gerekir. Güvenlik kültürü, hatayı yalnızca kullanıcının dikkatsizliği olarak yorumlamak yerine saldırganın kullandığı koşulları ve sistemdeki zayıflıkları da incelemelidir.

6. TARTIŞMA

İncelenen kaynaklar dijital dönüşümün yararlarının ve risklerinin aynı altyapı üzerinde ortaya çıktığını göstermektedir. Veri analitiği hizmetleri iyileştirebilir; aynı veri akışları ise şeffaflık, rıza ve amaç sınırlılığı sağlanmadığında mahremiyet ihlali doğurabilir. Otomasyon süreçleri hızlandırabilir; karar mantığı açıklanamadığında veya eğitim verisi önyargılı olduğunda ayrımcı sonuçları da ölçeklendirebilir. Bu nedenle etik ve güvenlik kontrolleri teknoloji devreye alındıktan sonra eklenecek bir uyum adımı değil, gereksinim belirleme ve tasarım aşamalarından itibaren sürdürülecek yönetişim faaliyetleridir.

Sorumluluk farklı aktörler arasında paylaşılır. Düzenleyici çerçeveler asgari yükümlülükleri ve hak arama yollarını tanımlar; kurumlar verinin güvenli işlenmesi, kararların denetlenmesi ve olaylara müdahale edilmesi için süreç kurar; bireyler de kendilerine yönelen dijital talepleri değerlendirebilecek bilgiye ihtiyaç duyar. Bu katmanlardan birinin eksikliği diğerlerinin etkisini azaltır. Örneğin farkındalık eğitimi, yanıltıcı arayüzleri veya aşırı veri toplamayı telafi edemez; teknik güvenlik önlemleri de ayrımcı bir kararın etik meşruiyetini tek başına sağlamaz.

Çalışmanın kapsamı seçilmiş dokümanlarla sınırlıdır ve saha araştırması içermemektedir. Bu nedenle burada önerilen ilkeler belirli bir kurumda uygulanmış veya etkisi ölçülmüş bir program olarak sunulmamaktadır. Gelecek çalışmalar, farklı sektörlerde veri yönetişimi uygulamalarını, çalışanların oltalama farkındalığını ve otomatik kararların adalet üzerindeki etkilerini saha verileriyle inceleyebilir.

7. SONUÇ

Dijitalleşme, bilgiye erişim ve kurumsal hizmetlerde önemli olanaklar sunarken kişisel verilerin korunması, algoritmik adalet ve siber dayanıklılık konularında yeni yükümlülükler

doğurur. Bu bildirinin doküman incelemesi, bu yükümlülüklerin üç düzeyde ele alınması gerektiğine işaret etmektedir: teknoloji ve veri süreçleri hak temelli ve şeffaf tasarlanmalı; kurumlar riskleri yönetişim, teknik kontroller ve olay hazırlığıyla yönetmeli; bireyler ise açık bilgilendirme ve uygulanabilir eğitimle desteklenmelidir.

Dijital güvenlik, kullanıcıya "dikkatli ol" demekle sağlanamaz. Veri sorumluları ve teknoloji sağlayıcıları, topladıkları veriyi sınırlamak, kullanım amaçlarını açıklamak, erişimi denetlemek ve güvenlik olaylarına hazırlıklı olmakla yükümlüdür. Etik ilkeler bu uygulamalarla birleştiğinde dijital dönüşümün yararlarından daha güvenilir ve adil biçimde yararlanmak mümkün olabilir.

KAYNAKÇA

Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (2022). *Phishing and spoofing tip sheet*. https://www.cisa.gov/sites/default/files/publications/phishing_and_spoofing_tip_sheet_2022_092022.pdf

Information Commissioner's Office. (2018). *Investigation into the use of data analytics in political campaigns: A report to Parliament*. https://www.maastrichtuniversity.nl/blog/2018/11/ico%E2%80%99s-report-updates-investigation-use-data-analytics-political-campaigns

Kişisel Verileri Koruma Kurumu. (2016). *Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (Kanun No. 6698)*. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/04/20160407-8.pdf

National Institute of Standards and Technology. (2024). *The NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0*. https://doi.org/10.6028/NIST.CSWP.29

UNESCO. (2021). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems, 28*(2), 118–144. https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003

EKG SİNYALLERİNİN SEMBOLİK TEMSİLİNDE SEGMENTASYON STRATEJİLERİNİN SINIFLANDIRMA BAŞARIMI VE DİZİ UZUNLUĞU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Elif DORUKBAŞI
Karabük University, Department of Computer Engineering, Karabük, Türkiye
E-mail: elifkabullar@karabuk.edu.tr
ORCID ID: 0000-0003-3206-5784
Prof. Dr. İlker TÜRKER
Karabük University, Department of Computer Engineering, Karabük, Türkiye
E-mail: iturker@karabuk.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-7577-4658

ÖZET

Elektrokardiyografi (EKG) sinyallerinin sembolik dizilere dönüştürülmesi, sinyal işleme ile dil modeli tabanlı analiz arasında bir temsil katmanı oluşturur. Bu dönüşümde segmentasyon, fizyolojik yapıyı düzenleyebilmesine rağmen dizi uzunluğunu ve anahtar nokta dağılımını değiştirebilir. Bu çalışmanın amacı, segmentasyon stratejilerinin sınıflandırma başarımı ve temsil uzunluğuna etkisini, her segmente zorunlu nokta ekleme kuralıyla birlikte değerlendirmektir. PTB-XL veri setinden alınan 21.380 kayıt ve 18.608 hasta üzerinde segmentasyonsuz kodlama, bir saniyelik sabit pencereler, atım tabanlı bölütleme ve iki süre eşiğine sahip CTXSEG uyarlaması karşılaştırılmıştır. Her iki CTXSEG ayarında da 0,5 saniyelik analiz penceresi kullanılmış, yalnızca sınır aralığı eşikleri farklı belirlenmiştir. Genlik ve zaman aralıkları 26 seviyeli kod kitaplarıyla sembollere dönüştürülmüştür; beş tanısal üst sınıfın sınıflandırılması, sembol histogramlarına dayalı lojistik regresyonla gerçekleştirilmiştir. Zorunlu başlangıç, orta ve bitiş noktaları eklenen ilk uygulamada CTXSEG 0,5 saniye ayarı, segmentasyonsuz yaklaşıma göre dizi uzunluğunu %66,6 artırmış ve macro-AUROC'u 0,8778'den 0,8650'a düşürmüştür. Kural kaldırıldığında uzunluk farkları −%4,5 ile +%4,0 aralığına daralmış; segmentasyonsuz yaklaşım 0,8786 ile en yüksek macro-AUROC'u korumuştur. Atım tabanlı yöntem daha kısa diziler üretmiş, ancak AUROC'u iyileştirmemiştir. Bulgular, ilk uygulamadaki uzunluk artışının önemli bir bölümünün zorunlu nokta ekleme tasarımıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle segmentasyonun katkısı, onu izleyen nokta seçimi, kodlama ve sınıflandırıcıyla birlikte ele alınmalıdır. Çalışma, arşivlenmiş deneylerin geriye dönük analizidir; değerlendirme düzeninin sınırlılıkları nedeniyle sonuçlar bağımsız test başarımı, büyük dil modeli başarımı veya eğitim maliyeti olarak yorumlanmamaktadır.

Anahtar kelimeler: EKG; sembolik temsil; segmentasyon; sınıflandırma; dizi uzunluğu

EFFECTS OF SEGMENTATION STRATEGIES ON CLASSIFICATION PERFORMANCE AND SEQUENCE LENGTH IN SYMBOLIC ECG REPRESENTATIONS

ABSTRACT

Symbolic electrocardiogram (ECG) representations provide discrete inputs for language-based analysis. Segmentation can organize these inputs around physiological or statistical boundaries. However, it can also change sequence length and the information available to a classifier. This study examines segmentation together with a rule that adds forced keypoints to every segment. Five configurations were compared using 21,380 PTB-XL recordings from 18,608 patients. These included unsegmented encoding, fixed one-second windows, beat-based segmentation, and two CTXSEG settings. Both CTXSEG settings used a 0.5-second analysis window but different boundary-spacing thresholds. Amplitudes and time intervals were encoded with 26-level codebooks. Logistic regression used symbol histograms to classify five diagnostic superclasses. With forced keypoints enabled, the CTXSEG 0.5-second setting increased sequence length by 66.6%. Macro-AUROC decreased from 0.8778 to 0.8650 compared with unsegmented encoding. Removing forced keypoints reduced relative length differences to −4.5% to +4.0%. Unsegmented encoding retained the highest macro-AUROC at 0.8786. Beat-based segmentation produced shorter sequences but did not improve AUROC. The results link much of the initial sequence inflation to the forced-keypoint rule. Segmentation should therefore be assessed together with keypoint extraction and the downstream model. This retrospective analysis uses archived experiments. Its evaluation limits prevent claims about an untouched test set, language-model performance, or language-model training costs.

Keywords: ECG; symbolic representation; segmentation; classification; sequence length

1. INTRODUCTION

Automated ECG analysis requires information about waveform shape and timing. Public datasets and shared evaluation protocols support comparisons between methods (Strodthoff et al., 2021; Wagner et al., 2020). Symbolic encoding converts numerical samples into a discrete representation. The resulting sequence may contain amplitude values, time intervals, lead identifiers, and segment markers. General symbolic time-series methods provide a basis for this design (Elsworth & Güttel, 2020; Lin et al., 2007).

Segmentation does not necessarily improve a representation. A boundary may preserve a physiological unit, but it also changes local peak detection and interval distributions. Additional segment markers can increase sequence length. Performance and length should therefore be

assessed together. This study compares five configurations within one symbolic encoding framework. A separate ablation tests the effect of adding forced keypoints to each segment.

Symbolic time-series methods show how segmentation and quantization jointly shape a representation. SAX averages equal-length sections and maps their values to symbols using Gaussian breakpoints (Lin et al., 2007). ABBA instead uses adaptive linear approximation. It clusters pairs of segment-duration and amplitude changes (Elsworth & Güttel, 2020). fABBA replaces clustering with a sorting-based aggregation method (Chen & Güttel, 2023). These approximation segments differ from physiological ECG units. Better reconstruction alone does not establish better diagnostic classification.

ECG language processing extends this idea by treating waves as words and beats as sentences. Mousavi et al. (2020) introduced this perspective for ECG analysis. ECGBERT uses self-supervised learning with a vocabulary of clustered P, QRS, T, and background waves (Choi et al., 2023). Segmentation thus gives its tokens an explicit waveform identity. The amplitude and interval symbols examined here do not carry the same identity.

Other methods encode ECGs directly as discrete sequences for language models. ECG-Byte applies byte-pair encoding to quantized symbols and combines ECG and text tokens in generative learning (Han et al., 2025). ECG-aBcDe explicitly represents amplitude and time scale in a symbolic ECG language (Xia et al., 2025). These approaches also show why symbol count and model token count must be distinguished. Token length depends on the vocabulary and merging rules. It is not a direct measure of training cost.

Physiological alignment is another way to structure ECG input. ECG-SL extracts features from individual beats and models their temporal relationships (Yu et al., 2023). HeartLang uses QRS-based segments, a vector-quantized vocabulary, and masked pretraining to learn morphology and rhythm (Jin et al., 2025). Both methods combine segmentation with learned features and sequence-aware models. Their reported benefits cannot be assumed to transfer to a histogram classifier.

Physiological structure can also help shallow learning methods. Rlign aligns R peaks and resamples the intervals between them (Plagwitz et al., 2024). The beat-based configuration in this study only defines boundaries; it does not perform that alignment or resampling. Sameh et al. (2026) compare fixed patches with three beat-synchronous tokenization strategies. Li et al. (2026) evaluate tokenization choices across several Transformer families. These studies support evaluating the representation together with the model that uses it.

Adaptive segmentation offers an alternative concept for placing boundaries. CTXSEG can detect statistical changes in EEG, and its performance was evaluated for seizure detection (Zhou et al., 2025). Any benefits it has in EEG do not necessarily translate to ECG. The ECG adaptation also merges candidates across leads and applies a duration threshold. These operations interact with keypoint extraction.

In this work, such interactions are explored within an existing symbolic ECG pipeline. The study compares unsegmented, fixed-window, and beat-based methods with adaptive methods. It also eliminates forced keypoints in a separate ablation. This design tests the impact of implementation choices on sequence length and classification performance.

2. RESEARCH AND FINDINGS

2.1. Segmentation strategies

All strategies use one shared set of boundaries across the 12 leads. S0 treats the full 10-second recording as a single segment. S1 uses fixed one-second windows. S2 detects candidate R peaks in lead II. If that lead has negligible variation, it uses the lead with the highest standard deviation. A boundary is placed 35% of the median RR interval before each candidate. Recordings with too few candidates remain unsegmented. This simple detector is not an expert-validated waveform delineator.

S3 and S3b use boundary-spacing thresholds of 0.5 and 2.0 seconds in the CTXSEG adaptation. Sliding windows receive Hamming weights. A paired t-test compares their log Fourier magnitudes. The significance threshold is 0.01, and the scanning step is ten samples. Boundary candidates are grouped within a two-sample tolerance and require support from at least two candidates. Both settings use a 0.5-second spectral analysis window. The 2.0-second parameter only changes the spacing condition during boundary aggregation. The final group is added separately, so the threshold is not a strict lower bound for every segment. Figure 1 shows the boundaries produced by each configuration for a single recording.

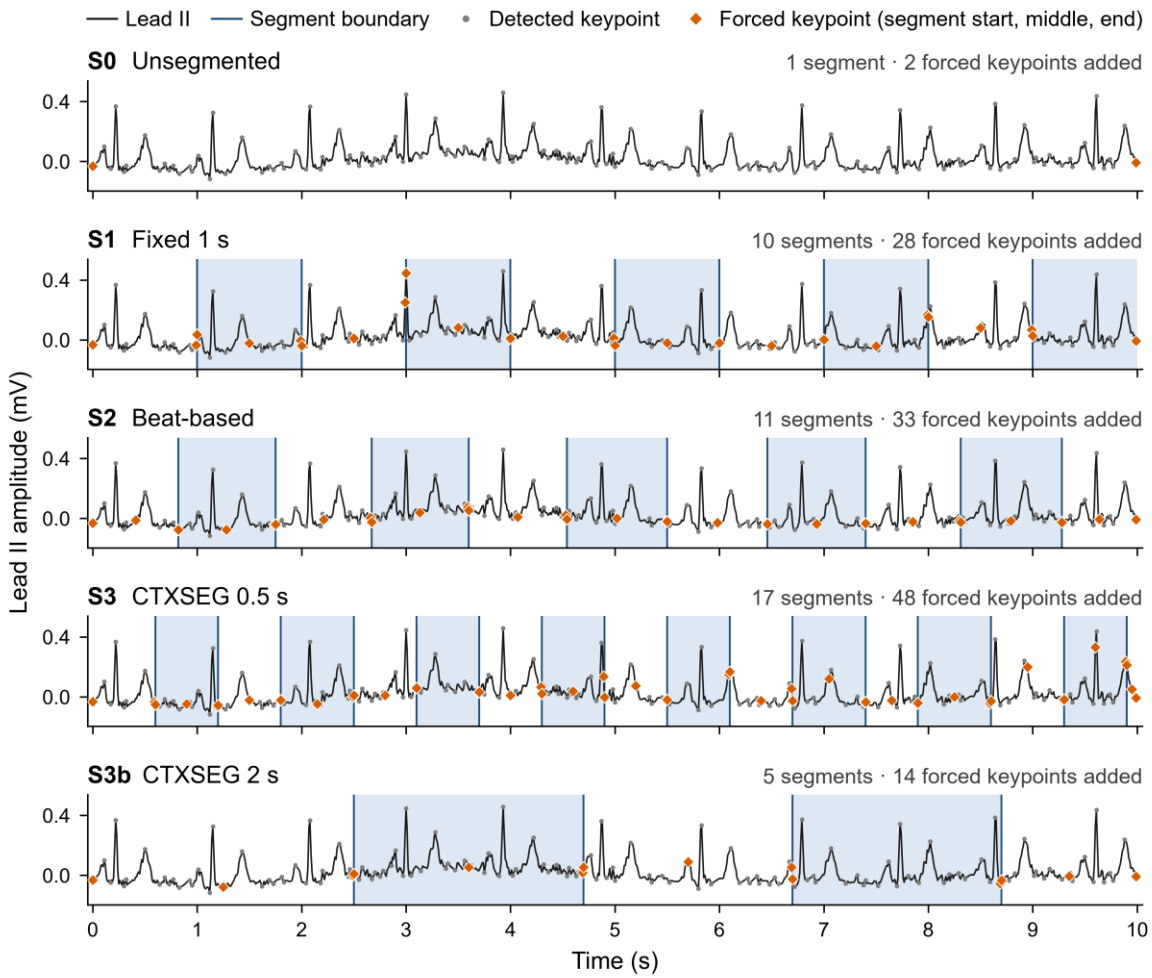


Figure 1. Segment boundaries and forced keypoints in lead II of PTB-XL record 1 for the five configurations. Boundaries were recomputed on the raw 100-Hz signal with the archived segmentation code; shaded bands mark alternate segments. Forced keypoints are segment start, middle, and end positions that the peak and trough detector had not already selected. Across all 12 leads, forced keypoints increased the number of keypoints in this recording by 2.5% (S0), 27.3% (S1), 31.5% (S2), 47.9% (S3), and 14.0% (S3b).

2.2. Keypoint extraction and symbolic encoding

Peaks and troughs are extracted from each segment and labeled after median subtraction. The prominence threshold is 0.3 times the local standard deviation. Candidates of the same type must be at least 80 milliseconds apart. Amplitudes use 26 uniform bins based on the training-set first and 99th percentiles. Inter-keypoint intervals use 26 equal-frequency levels. A separate codebook is fitted for each configuration. The comparison therefore evaluates adapted instances of the same encoding framework rather than one fixed codebook.

The original implementation adds each segment's first, middle, and last sample to its keypoint set (Figure 1). The ablation turns off this rule while retaining the other settings. Up to three positions can be added per segment and lead. Duplicate positions are removed, so the increase is not always three. Sequence length includes amplitude symbols, interval symbols, lead

identifiers, and segment markers. A special case still returns all samples for segments containing at most three samples.

2.3. Data and evaluation

The archived experiment uses ten-second, 12-lead PTB-XL recordings sampled at 100 Hz (Wagner et al., 2020). It contains 21,380 recordings from 18,608 patients; each recording has at least one diagnostic superclass label. Positive counts are 9,514 for NORM (normal ECG), 5,469 for MI (myocardial infarction), 5,666 for STTC (ST/T change), 4,898 for CD (conduction disturbance), and 2,863 for HYP (hypertrophy). Labels can overlap, so their counts exceed the number of recordings when added together. This historical cohort differs from the dataset of the current project (21,388 recordings).

Lead-wise symbol histograms are created for each sequence, so the classifier does not rely on the order of symbols. A logistic regression model with balanced class weights is fitted for each class. The settings are C = 0.5, a maximum of 1,000 iterations, and a random seed of 42. Feature standardization is fitted within every training partition. The official folds are grouped as {1,2}, {3,4}, {5,6}, {7,8}, and {9,10}. Each group is held out in turn to obtain out-of-fold predictions. Macro-AUROC, the area under the receiver operating characteristic curve averaged across the five classes, is the primary metric. Macro-AUPRC (area under the precision–recall curve) and macro-F1 are additional measures. Relative sequence length is the percentage difference between the mean number of symbols of a configuration and that of S0. The archived outputs include confidence intervals computed from 2,000 paired bootstrap resamples. The helper module for the bootstrap is not included in the archive. Accordingly, the resampling unit was not verifiable. The intervals are reported as stored in the experimental output.

Codebooks were fitted only on folds 1–8. Some outer validation records were therefore included in this unsupervised fitting procedure, so the evaluation is not completely nested. Fold 10 was also used for development decisions. The results are therefore considered exploratory cross-validation results, not results on an untouched test set.

2.4. Effect of forced keypoints

Table 1. Results with forced keypoints turned on and off

Method	Mean symbols per recording		Macro-AUROC	
	Enabled	Disabled	Enabled	Disabled
S0 Unsegmented	1,780.8	1,710.6	0.8778	0.8786
S1 Fixed 1 s	2,394.7	1,692.6	0.8716	0.8758
S2 Beat-based	2,579.9	1,634.3	0.8689	0.8773
S3 CTXSEG 0.5 s	2,967.3	1,779.5	0.8650	0.8710
S3b CTXSEG 2 s	2,069.7	1,718.9	0.8740	0.8774

With forced keypoints enabled, every segmented configuration produced longer sequences and lower AUROC than S0. S3 showed the largest difference. Mean length increased from 1,780.8

to 2,967.3 symbols, a rise of 66.6%. AUROC decreased by 0.0127. Beat-based segmentation increased length by 44.9%. These comparisons combine changes in boundaries with changes in the number of forced positions.

Disabling the rule removed 1,187.8 symbols per recording in S3 and 945.6 in S2. The reduction in S0 was only 70.2 symbols. AUROC increased by 0.0009 in S0 and 0.0084 in S2. These differences indicate an interaction between segmentation and forced-keypoint insertion. However, the experiment does not establish that histogram dilution is the sole mechanism.

2.5. Comparison after removing forced keypoints

Table 2. Sequence length and performance with forced keypoints disabled

Method	Segments per record	Length change vs S0	Macro-AUROC	Macro-AUPRC	Macro-F1
S0 Unsegmented	1.00	0.0%	0.8786	0.7233	0.6649
S1 Fixed 1 s	10.00	−1.1%	0.8758	0.7205	0.6623
S2 Beat-based	13.37	−4.5%	0.8773	0.7224	0.6651
S3 CTXSEG 0.5 s	16.91	+4.0%	0.8710	0.7086	0.6563
S3b CTXSEG 2 s	5.00	+0.5%	0.8774	0.7219	0.6628

S0 achieved the highest AUROC and AUPRC. S2 produced sequences that were, on average, 4.5% shorter and had a similar AUROC. Its macro-F1 was higher by only 0.0002. Thus, S0 did not lead on every metric. S3 produced longer sequences and lower AUROC and AUPRC. Increasing its spacing threshold in S3b improved the AUROC by approximately 0.0065 compared with S3.

2.6. Uncertainty and processing time

Table 3. Archived bootstrap estimates of macro-AUROC differences from S0 (forced keypoints disabled)

Method	Macro-AUROC difference from S0	95% confidence interval
S1 Fixed 1 s	−0.00290	[−0.00391, −0.00184]
S2 Beat-based	−0.00132	[−0.00259, −0.00006]
S3 CTXSEG 0.5 s	−0.00769	[−0.00907, −0.00627]
S3b CTXSEG 2 s	−0.00120	[−0.00212, −0.00032]

All archived AUROC difference intervals lie below zero. However, the absolute losses for S2 and S3b are approximately 0.001. A negative confidence interval does not establish practical importance. Their AUPRC difference intervals include zero. No equivalence margin was specified in advance. Patient-level resampling was also not independently verified. These results do not establish equivalence between methods.

Recorded times with forced keypoints disabled were 3.1, 6.4, 7.3, 7.7, and 4.5 minutes for S0 through S3b, respectively. S0 was fastest in this run. These times include keypoint extraction, codebook fitting, feature construction, and classification. They exclude preparation of the cached boundaries. Hardware details and repeated timing measurements were not reported. The

values are descriptive run times, not a controlled-speed benchmark or a measure of language model training cost.

3. DISCUSSION

The initial results indicate that segmentation increases length and decreases classification performance. Much of this pattern is due to forced keypoint insertion, as detailed in the ablation study. Adding positions to each segment systematically affects configurations with more segments. Thus, a boundary comparison may reflect other encoding decisions, even if the extraction rule does not appear to differ. The shorter sequences obtained by S2 indicate that segmentation does not always lead to longer representations. However, the order of the beats and the relationships between segments cannot be used by the histogram classifier. This result, therefore, does not rule out benefits of sequence-aware models (Jin et al., 2025; Li et al., 2026; Sameh et al., 2026; Yu et al., 2023). The poor performance of S3 may be due to its boundaries interfering with the cardiac cycles. This is still speculation. That explanation was not derived from an expert annotation of the boundaries or from a local error analysis. S0 is a good starting point for subsequent experiments in this framework. It achieved the highest AUROC and has the simplest processing pathway. S2 can be used as a comparison because it shortens the sequences. These recommendations apply to the evaluated representation and classifier. They do not prove that segmentation is unnecessary for every dataset or model.

4. CONCLUSION

In this study, two output files and the associated code were analyzed retrospectively. No new training or experimental replication was performed. The missing helper modules and boundary caches reduce the opportunities for independent reproduction. The analysis also relies on historical labels, a single dataset, a single classifier family, and a single random seed. Non-nested codebook fitting and the development use of the test fold limit confirmatory interpretation. Future evaluation should be performed on current labels using codebooks fitted within each training partition, with patient-level resampling and a separate evaluation dataset. Within the limits of this analysis, the segmented encodings did not outperform the unsegmented encoding in macro-AUROC. Removing the forced start, middle, and end keypoints substantially reduced the length penalty. The best AUROC was obtained from S0, and the shortest sequences were obtained from S2. The segmentation step needs to be assessed alongside keypoint selection, keypoint encoding, and the subsequent model. Future work should count the number of tokens with the target tokenizer. It should also evaluate models that reconstruct waveforms and models that are sequence-aware.

Declaration of generative AI use. In preparing this manuscript, the authors used Claude (Opus 5.5) for English language editing, consistency checks of the reported values against the archived experiment outputs, and preparation of the plotting code with which Figure 1 was generated from the archived segmentation code and PTB-XL data. The authors reviewed and edited all AI-assisted content and took full responsibility for the content of this publication.

REFERENCES

Chen, X., & Güttel, S. (2023). An efficient aggregation method for the symbolic representation of temporal data. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data, 17*(1), Article 5. https://doi.org/10.1145/3532622

Choi, S., Mousavi, S., Si, P., Yhdego, H. G., Khadem, F., & Afghah, F. (2023). *ECGBERT: Understanding hidden language of ECGs with self-supervised representation learning.* [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.06340

Elsworth, S., & Güttel, S. (2020). ABBA: Adaptive Brownian bridge-based symbolic aggregation of time series. *Data Mining and Knowledge Discovery, 34*, 1175–1200. https://doi.org/10.1007/s10618-020-00689-6

Han, W., Duan, C., Rosenberg, M., Liu, E., & Zhao, D. (2025). ECG-Byte: A tokenizer for end-to-end generative electrocardiogram language modeling. In M. Agrawal, K. Deshpande, M. Engelhard, S. Joshi, S. Tang, & I. Urteaga (Eds.), *Proceedings of the 10th Machine Learning for Healthcare Conference* (Proceedings of Machine Learning Research, Vol. 298). PMLR. https://proceedings.mlr.press/v298/han25a.html

Jin, J., Wang, H., Li, H., Li, J., Pan, J., & Hong, S. (2025). Reading your heart: Learning ECG words and sentences via pre-training ECG language model. *The Thirteenth International Conference on Learning Representations*. https://openreview.net/forum?id=sdczcOS3n9

Li, J., Bonassi, F., Sundström, J., Schön, T. B., & Ribeiro, A. H. (2026). *On the role of the tokenizer in ECG transformer models.* [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2609.15433

Lin, J., Keogh, E., Wei, L., & Lonardi, S. (2007). Experiencing SAX: A novel symbolic representation of time series. *Data Mining and Knowledge Discovery, 15*, 107–144. https://doi.org/10.1007/s10618-007-0064-z

Mousavi, S., Afghah, F., Khadem, F., & Acharya, U. R. (2020). *ECG language processing (ELP): A new technique to analyze ECG signals.* [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.08841

Plagwitz, L., Bickmann, L., Fujarski, M., Brenner, A., Gobalakrishnan, W., Eckardt, L., Büscher, A., & Varghese, J. (2024). *The Rlign algorithm for enhanced electrocardiogram analysis through R-peak alignment for explainable classification and clustering.* [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.15555

Sameh, A., Wilson, N., Enderlein, M., & Varatharajah, Y. (2026). *Beat-synchronous tokenization for ECG transformers.* [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2608.30367

Strodthoff, N., Wagner, P., Schaeffter, T., & Samek, W. (2021). Deep learning for ECG analysis: Benchmarks and insights from PTB-XL. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 25*(5), 1519–1528. https://doi.org/10.1109/JBHI.2020.3022989

Wagner, P., Strodthoff, N., Bousseljot, R.-D., Kreiseler, D., Lunze, F. I., Samek, W., & Schaeffter, T. (2020). PTB-XL, a large publicly available electrocardiography dataset. *Scientific Data, 7*, Article 154. https://doi.org/10.1038/s41597-020-0495-6

Xia, Y., Li, J., Sun, Y., & Bu, J. (2025). *ECG-aBcDe: Overcoming model dependence, encoding ECG into a universal language for any LLM.* [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.12625

Yu, H., Yang, H., & Sano, A. (2023). *ECG-SL: Electrocardiogram(ECG) segment learning, a deep learning method for ECG signals.* [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.00818

Zhou, J., West, J., Ehinger, K. A., Ren, Z., John, S. E., & Grayden, D. B. (2025). *Adaptive EEG segmentation for machine learning applications.* [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.20336

ECG26c: 12 DERİVASYONLU ELEKTROKARDİYOGRAMLARIN MORFOLOJİ ODAKLI SEMBOLİK KODLANMASI

Elif DORUKBAŞI
Karabük University, Department of Computer Engineering, Karabük, Türkiye
E-mail: elifkabullar@karabuk.edu.tr
ORCID ID: 0000-0003-3206-5784
Prof. Dr. İlker TÜRKER
Karabük University, Department of Computer Engineering, Karabük, Türkiye
E-mail: iturker@karabuk.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-7577-4658

ÖZET

Bu çalışmada, 12 derivasyonlu elektrokardiyografi (EKG) kayıtlarını sembolik dizilere dönüştüren ve bu dizilerden sinyalin yaklaşık olarak yeniden oluşturulmasını sağlayan ECG26c yöntemi incelenmektedir. Yöntem, kalp döngüsüne bağlı toleranslarla çalışan Ramer–Douglas–Peucker yaklaşımını, eğitim verisinden öğrenilen 26 seviyeli μ-law genlik kodlamasını ve anahtar noktalar arasındaki kesin örnek sayısını birleştirir. I, II ve V1–V6 derivasyonları kodlanmakta; çözücü bu sekiz derivasyonu doğrusal enterpolasyonla yeniden oluşturduktan sonra diğer dört ekstremite derivasyonunu cebirsel ilişkilerle türetmektedir. PTB-XL veri setinin 100 Hz örnekleme hızındaki 10 saniyelik 21.388 kaydı değerlendirilmiştir. Yeniden oluşturma hatası, her derivasyonun medyanı çıkarıldıktan ve 0,5 Hz'i yüksek geçiren bir süzgeç uygulandıktan sonra elde edilen referans sinyale göre hesaplanmıştır. On iki derivasyon için kayıtlar genelinde normalize edilmiş yüzde kök ortalama kare farkının (PRDN) medyanı %12,71, medyan kök ortalama kare hatası 22,37 μV ve her kayıtta derivasyonlar üzerinden hesaplanan ortalama korelasyonun medyanı 0,9831 olarak bulunmuştur. Saklanan sekiz derivasyonda medyan PRDN %11,42 iken türetilen dört derivasyonda %20,64 olmuştur. Doğrulanan sembol atamaları ve örnek dalga biçimleri, genel morfolojinin yaklaşık olarak yeniden oluşturulabildiğini, ancak yerel genlik hatalarının, düzleşmelerin ve yumuşatma etkilerinin devam ettiğini göstermektedir. Örnek sayısına dayalı zaman kodlaması, korunan anahtar noktaların zaman konumlarının yeniden elde edilmesini sağlar. Fizyolojik dalga sınırlarının korunması ise ayrıca değerlendirilmesi gereken bir konudur. Kod kitabı yalnızca eğitim bölümlerinden elde edilmiştir; ancak geliştirme sırasında bazı değerlendirme kayıtları da incelendiğinden, sonuçlar yeniden oluşturma başarısını betimleyen bulgular olarak sunulmaktadır. Çalışma, filtrelenmiş sinyalin yaklaşık olarak yeniden oluşturulmasına odaklanmaktadır; kayıpsız geri kazanım ve klinik eşdeğerlik bu değerlendirmenin kapsamı dışındadır. Büyük dil modeliyle ince ayar, dış veriyle doğrulama ve kapsamlı tanısal değerlendirme gelecek çalışmalar için planlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: EKG; sembolik kodlama; genlik nicemleme; sinyal yeniden oluşturma; PTB-XL

ECG26c: MORPHOLOGY-AWARE SYMBOLIC ENCODING OF 12-LEAD ELECTROCARDIOGRAMS

ABSTRACT

Symbolic representations of electrocardiograms (ECGs) require explicit amplitude and timing semantics if the resulting text is to support interpretable signal reconstruction. This study examines ECG26c, a codec that combines morphology-aware Ramer–Douglas–Peucker (RDP) simplification, a 26-level μ-law amplitude alphabet derived from training data, and exact sample counts between keypoints. The eight independent leads (I, II, and V1–V6) are encoded, and a deterministic decoder reconstructs them by linear interpolation and derives the four remaining limb leads algebraically. The reconstruction analysis covers 21,388 ten-second PTB-XL records sampled at 100 Hz. Reconstruction error is computed against a reference obtained by subtracting each lead's median and applying a zero-phase 0.5 Hz high-pass filter. Across records, the median 12-lead normalized percentage root-mean-square difference (PRDN) is 12.71%, the median root-mean-square error (RMSE) is 22.37 μV, and the median record-wise mean lead correlation is 0.9831. The median PRDN is 11.42% for the eight stored leads and 20.64% for the four derived leads. Verified symbol assignments show traceable amplitude–time mappings, and comparisons with real waveforms show that the overall morphology is approximated, with local amplitude errors, plateaus, and smoothing. The codebook was fitted on the training folds only, but some evaluation-fold records were examined during encoder development. The results are therefore descriptive evidence of reconstruction performance rather than a stand-alone confirmatory evaluation, and they do not establish lossless recovery or clinical equivalence. Future work includes language-model fine-tuning, external validation, and a comprehensive diagnostic assessment.

Keywords: ECG; symbolic encoding; amplitude quantization; signal reconstruction; PTB-XL

1. INTRODUCTION

Large language models (LLMs) process sequences of discrete tokens, whereas a 12-lead ECG is a multichannel time series in which continuous-valued amplitudes are recorded simultaneously across all channels. Converting an ECG into text therefore requires an explicit representation of voltage, duration, and local waveform changes. Learned embeddings do not always provide an interpretable inverse mapping, and writing sample values as numerical text can produce long sequences. Symbolic representations with explicitly defined forward and inverse mappings offer an alternative (Han et al., 2025; Xia et al., 2025).

Existing symbolic representations differ mainly in how they quantize amplitude, encode time, and select the samples to be encoded. ECG-Byte maps each sample to one of 26 uniformly quantized amplitude symbols and applies byte-pair encoding (BPE) to the resulting symbol sequence (Han et al., 2025). ECG-aBcDe instead selects keypoints by $\ell 1$ trend filtering (Kim et al., 2009) and encodes them with voltage bins that are uniform in the interior range and complemented by outer regions, together with quantized durations (Xia et al., 2025). ECGBERT follows a different strategy: it segments the signal into waves and represents them with an embedded vocabulary of clustered waveforms (Choi et al., 2023). Table 1 compares these representations with respect to amplitude coding, time coding, keypoint selection, simplification, and reconstruction.

Table 1. Technical comparison of symbolic ECG representations. BPE, byte-pair encoding (applied to the quantized symbol sequence, not directly to waveform amplitudes); RDP, Ramer–Douglas–Peucker.

Method	Amplitude	Time coding	Keypoints	Simplification	Reconstruction
ECG-Byte (Han et al., 2025)	26 uniform levels	Implicit sample order	No explicit selection	BPE of sample symbols	Traceable quantized samples
ECG-aBcDe (Xia et al., 2025)	26 bins; uniform interior	26 equal-count bins	$\ell 1$ trend filtering	Piecewise-linear fit	Linear interpolation
ECGBERT (Choi et al., 2023)	Clustered wave IDs	Wave order/embeddings	Wave segmentation	Wave vocabulary	No explicit waveform inverse reported
ECG26c (this study)	26 μ-law levels	Exact sample gaps	Morphology-aware RDP	Region-dependent tolerance	Linear interpolation + 4 derived leads

In contrast to these designs, ECG26c combines morphology-aware Ramer–Douglas–Peucker (RDP) simplification with μ-law amplitude bins and exact sample gaps between keypoints, so that both the symbols and their inverse mapping remain explicit. Accordingly, the research question is whether a 12-lead ECG can be converted into such an interpretable symbolic representation and approximately reconstructed from it with quantifiable error. Here, fidelity denotes the quantitative agreement between the reconstructed signal and a defined reference signal, and it must be evaluated separately from the performance of downstream models. A high overall correlation cannot guarantee that every local deflection is preserved or that the reconstruction is clinically equivalent.

The contributions of this study are (i) ECG26c, an explicit codec that combines cardiac-cycle-dependent approximation with nonuniform 26-level amplitude coding and exact timing of the retained keypoints; (ii) a deterministic inverse that reconstructs a 12-lead ECG from the eight stored leads; and (iii) reconstruction results on 21,388 PTB-XL records, supported by verified symbol assignments and waveform comparisons. The individual components are established

techniques; the contribution lies in their combination and in the measured reconstruction behavior. The remainder of the paper is organized as follows: Section 2 describes the codec and reports reconstruction experiments; Section 3 discusses the findings and limitations; and Section 4 concludes the paper.

2. RESEARCH AND FINDINGS

Figure 1 summarizes the forward (encoding) and inverse (decoding) paths of ECG26c. The encoder preprocesses the 12-lead signal, selects keypoints in the eight independent leads, and converts the keypoint voltages and the gaps between consecutive keypoints into lowercase and uppercase symbols, respectively. The decoder maps the symbols back to voltages, interpolates the stored leads, and derives the four omitted limb leads. Sections 2.1–2.3 describe these steps.

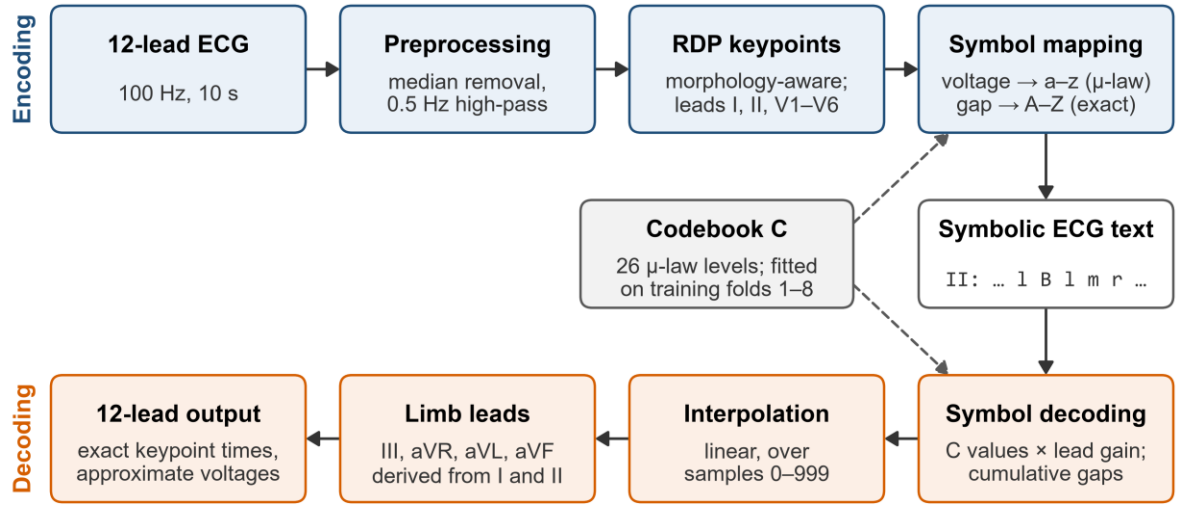


Figure 1. Forward (encoding) and inverse (decoding) paths of ECG26c. Voltage quantization and duration coding are separate operations; the amplitude codebook C is fitted on training folds 1–8 only and is shared by the encoder and the decoder. RDP, Ramer–Douglas–Peucker.

2.1. Preprocessing and keypoint selection

PTB-XL records100 provides 1,000 samples per lead at 100 Hz (Wagner et al., 2020, 2022). Each lead is median-centered and filtered with a third-order, zero-phase Butterworth high-pass filter with a 0.5 Hz cutoff; this filtered waveform serves as the fidelity reference. Eight leads (I, II, and V1–V6) are stored, and the four omitted limb leads are derived during decoding (Figure 1).

Beat candidates are obtained by band-pass filtering the leads at 5–15 Hz, combining the filtered lead voltages as the square root of the sum of their squares, and smoothing the result over 5 samples. Detected peaks are at least 33 samples apart and exceed 0.3 times the 99th percentile of this pooled signal. Relative to each candidate, the default tolerances are 0.03 mV for P/PR (−30 to −11 samples), 0.02 mV for QRS (−10 to +12 samples), 0.04 mV for ST–T (+13 to +49

samples), and 0.06 mV elsewhere. Where P/PR and ST–T windows overlap, the tighter tolerance is retained; QRS windows are applied last. These windows approximate cardiac-cycle regions and are not delineated wave boundaries.

Keypoints are selected with a morphology-aware RDP variant that uses these sample-specific tolerances and always retains samples 0 and 999 (Ramer, 1972; Douglas & Peucker, 1973). For each candidate segment, L[n] denotes the straight line that interpolates the voltages at the segment endpoints. If the absolute deviation |x[n] − L[n]| exceeds the sample-specific tolerance ε[n] at any sample, the sample that maximizes |x[n] − L[n]| − ε[n] is retained, and the two resulting subsegments are processed recursively; otherwise, the segment is accepted. The tolerances thus govern the approximation prior to amplitude quantization.

2.2. Amplitude and duration symbols

The amplitude codebook is fitted on keypoints from training folds 1–8. The 0.05th and 99.95th percentiles of their voltages define the negative and positive scales, a− and a+, respectively. With μ = 20, the twelve magnitudes per side are:

$$m_j = \frac{(1+\mu)^{j/13} - 1}{\mu}, \quad j = 1, \ldots, 12. \tag{1}$$

The edges $-a_{-}m_{12}$, …, $-a_{-}m_{1}$, 0, $a_{+}m_{1}$, …, $a_{+}m_{12}$ define 26 bins, including two open outer bins. Letters a–m encode nonpositive voltages, and letters n–z encode positive voltages. Each bin that contains training keypoints is represented by their mean voltage; empty bins use the default representative defined during codebook construction. An optional x2 or x4 prefix indicates that a lead is divided by two or four before quantization and multiplied by the same factor during decoding. This scaling reduces some extreme-amplitude errors but does not guarantee an upper bound on the reconstruction error for extreme voltages.

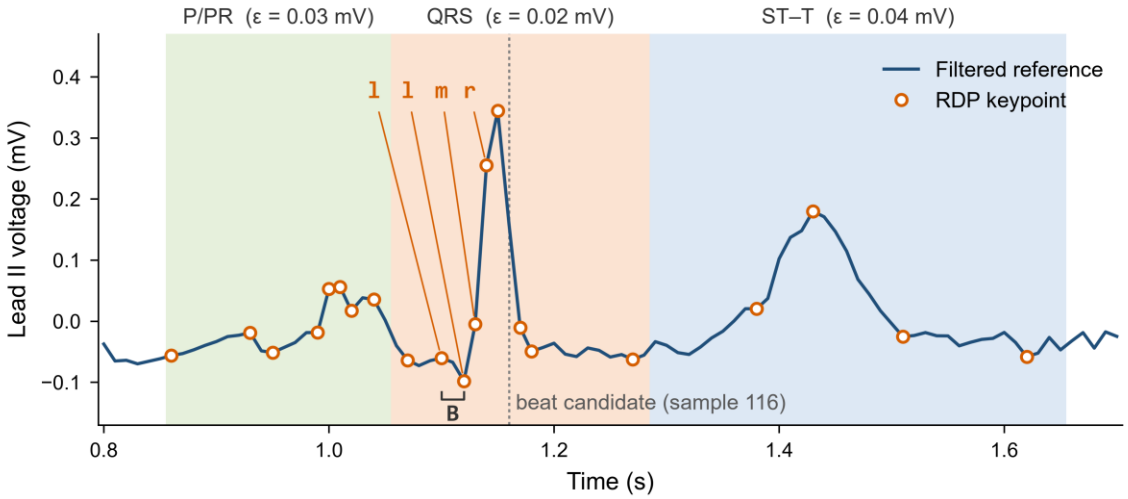
Each voltage is assigned to the bin whose upper edge is the first internal edge greater than or equal to it; values beyond the outermost edges fall into the open-end bins. Once fitted on the training folds, the codebook is held fixed across records, so each voltage letter maps to the same codebook value before any lead-specific gain is restored.

Uppercase letters A–Z encode gaps of 1–26 samples, and the values of consecutive duration symbols are summed. Two voltage symbols with no intervening duration symbol indicate a one-sample gap, regardless of whitespace. Thus, the duration d_k and the recovered keypoint position p_k satisfy:

$$p_{k+1} = p_k + d_k; \quad D(A) = 1, \ldots, D(Z) = 26. \tag{2}$$

Here, d_k is the sum of the intervening duration values, or 1 when no duration symbol is present, and $p_0 = 0$. For gaps longer than 26 samples, the encoder emits Z repeatedly and then encodes the remainder; for example, 27 samples become Z A, and 52 samples become Z Z. A one-sample remainder after Z is therefore written explicitly as A. Decoding starts at sample 0 and must end at sample 999 for every stored lead, which preserves a common time grid.

Each lead is represented by its label and a sequence of space-separated symbols, and the eight labeled lead sequences form the symbolic ECG. To meet a specified length limit, the implementation can increase the approximation tolerances, thereby shortening the symbol sequence; the length budget and the associated parameter trade-offs are outside the scope of the present evaluation. Figure 2 illustrates keypoint selection and symbol assignment for one beat in lead II of PTB-XL record 1.



Stored symbol	l	B	l	m	r
Keypoint sample	110	–	112	113	114
Decoded as	−0.0714 mV	2-sample gap	−0.0714 mV	−0.0237 mV	0.2610 mV

Figure 2. Worked encoding example for lead II of PTB-XL record 1 (training fold 3): filtered reference, RDP keypoints, and the P/PR, QRS, and ST–T tolerance windows around the beat candidate at sample 116 (ε = 0.06 mV elsewhere). The labeled keypoints form the stored excerpt l B l m r, which the table below the plot decodes; one-sample gaps carry no duration symbol.

In Figure 2, the keypoints at samples 110, 112, 113, and 114 are encoded as l B l m r. The gaps between them are 2, 1, and 1 samples, so only the first gap requires a duration symbol (B). Both l symbols decode to −0.0714 mV, yielding equal reconstructed voltages at these two key points. All eight regenerated lead strings match the stored record exactly; this establishes symbol-level reproducibility, not lossless waveform recovery. Algorithm 1 summarizes the complete forward encoding and reconstruction procedure.

Algorithm 1. Forward encoding and reconstruction with a fixed codebook C.

Input: raw ECG X[1000, 12], codebook C, selected tolerance level
x ← preprocess(X); b ← pooled-energy beat candidates
for ℓ ∈ {I, II, V1, …, V6} do
    K_ℓ ← morphology-aware RDP(x_ℓ, b), including samples 0 and 999
    g_ℓ ← lead gain; S_ℓ ← voltage letters + exact inter-keypoint gap symbols
S ← concatenation of the eight labeled lead strings
Decode S: accumulate the gaps; map each voltage symbol to its value in C and multiply it by g_ℓ
Interpolate the stored leads over samples 0, …, 999; derive the four limb leads
Output: symbolic ECG S and reconstructed 12-lead signal

2.3. Inverse transform

For a sample n between the recovered indices p_k and p_{k+1}, let $\alpha = (n - p_k)/(p_{k+1} - p_k)$. With codebook representative c_k and lead gain $g_\ell \in \{1, 2, 4\}$, linear interpolation gives:

$$\hat{x}_\ell[n] = g_\ell[(1 - \alpha)c_k + \alpha c_{k+1}]. \quad (3)$$

The four omitted limb leads are then derived sample by sample:

$$III = II - I; \quad aVR = -(I + II)/2; \quad (4)$$

$$aVL = I - II/2; \quad aVF = II - I/2. \quad (5)$$

Exact gaps preserve the time coordinates of the retained keypoints, which do not necessarily coincide with physiological onsets or extrema. Quantization and interpolation remain lossy, and the algebraic synthesis combines the errors of leads I and II.

2.4. Data and metrics

All experiments use PTB-XL version 1.0.3 (Wagner et al., 2020, 2022), which contains 21,799 10-second ECGs prior to cohort selection. The cohort comprises 21,388 ECGs (18,617 patients) with at least one diagnostic SCP statement: 17,084 in training folds 1–8, 2,146 in validation fold 9, and 2,158 in evaluation fold 10. No patient appears in more than one partition. Only the training folds were used to fit the codebook, but some evaluation-fold records were examined during encoder development. The results are therefore descriptive evidence of reconstruction performance rather than a separate confirmatory evaluation.

The reference and decoded signals share the same 100 Hz time grid. For a lead group G with N = 1,000 samples per lead, let $\bar{x}_\ell$ denote the temporal mean of lead ℓ, $E = \Sigma_{\ell \in G,n} (x_\ell[n] - \hat{x}_\ell[n])^2$ the squared error, and $V = \Sigma_{\ell \in G,n} (x_\ell[n] - \bar{x}_\ell)^2$ the centered energy. The normalized percentage root-mean-square difference (PRDN) and the root-mean-square error (RMSE) are then:

$$PRDN = 100 \sqrt{\frac{E}{V}} \%. \quad (6)$$

$$RMSE = 1000 \sqrt{\frac{E}{N\,|G|}}\ \mu V. \quad (7)$$

Pearson correlation is computed for each lead and averaged within each record over the leads for which it is defined. Table 2 reports medians across records for all 12 leads, the 8 stored leads, and the 4 derived leads, and separately for validation fold 9 and evaluation fold 10; the correlation column gives the median of the record-wise means. All values were checked against the deposited per-record file and summaries (ECG26c project, 2026), and recomputation from the signal arrays agrees at the displayed precision.

Table 2. Reconstruction fidelity relative to the filtered reference (medians across records). $\bar{r}$, record-wise mean lead correlation over the 12 leads; —, not reported.

Cohort	Leads	*n*	Median PRDN (%)	Median RMSE (µV)	Median $\bar{r}$
All records	12 (all)	21,388	12.71	22.37	0.9831
	8 (stored)	21,388	11.42	22.70	—
	4 (derived)	21,388	20.64	21.36	—
Fold 9 (validation)	12 (all)	2,146	12.78	22.34	0.9826
Fold 10 (evaluation)	12 (all)	2,158	12.73	22.35	0.9828

2.5. Aggregate agreement and illustrative morphology

Across records, the median 12-lead PRDN is 12.71%, the median RMSE is 22.37 µV, and the median record-wise mean lead correlation is 0.9831 (Table 2). The derived and stored leads have comparable absolute RMSEs (21.36 and 22.70 µV), but the derived leads have a higher relative error (median PRDN 20.64% versus 11.42%). This pattern is consistent with error propagation from the source leads and with differences in signal energy; the aggregate metrics do not isolate the contribution of each mechanism. The medians for validation fold 9 and evaluation fold 10 are close to those of the full cohort (PRDN: 12.78% and 12.73%,

respectively). Because aggregate metrics can mask local errors, Figure 3 compares the reference and reconstructed waveforms of record 1 in leads II and V2.

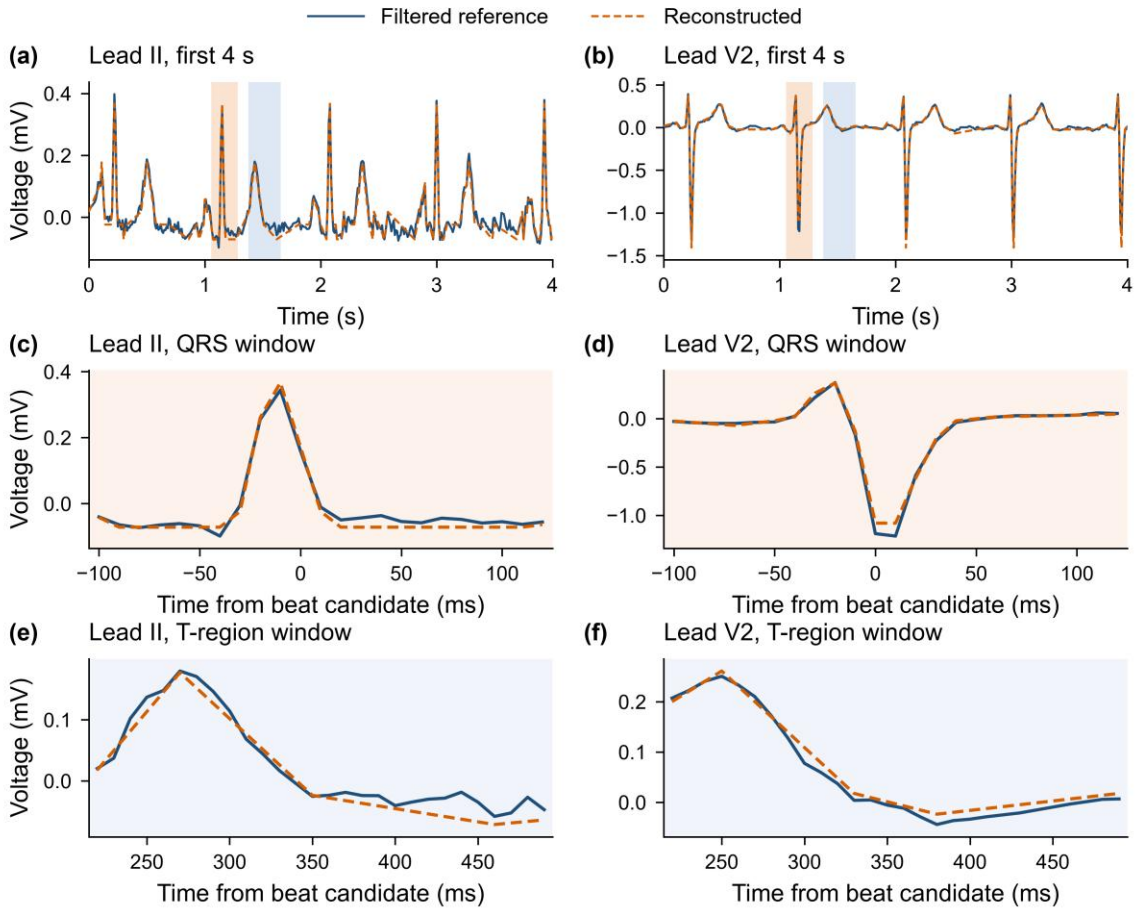


Figure 3. Filtered reference and reconstructed waveforms for PTB-XL record 1 (training fold 3). (a, b) Leads II and V2 over the first 4 s; shaded bands mark the QRS and T-region windows enlarged in (c–f). (c, d) QRS window, −100 to +120 ms relative to the beat candidate at sample 116. (e, f) T-region window, +220 to +490 ms. The windows are illustrative and are not clinical delineation annotations.

Figure 3 shows that large deflections remain recognizable, whereas the enlarged views reveal local amplitude differences, plateaus, and smoothing. These observations concern one training record and one illustrative beat; they do not establish that individual waveform regions are preserved across the cohort or that physiological boundaries remain unchanged. Aggregate

metrics and local waveform views therefore provide complementary descriptions of reconstruction fidelity.

3. DISCUSSION

ECG26c is an explicit amplitude–time representation with a deterministic inverse. Its contribution lies in the combination of morphology-dependent keypoint selection, nonuniform 26-level voltage coding, exact inter-keypoint sample gaps, and reconstruction of 12 leads from 8 stored leads. The verified symbol assignments (Figure 2) show how voltage levels and time intervals map to symbols, and the fidelity metrics (Table 2) quantify how closely the reconstructed approximation matches the filtered ECG within the study cohort.

The approximation has several limitations. RDP simplification may remove small deflections between retained keypoints, cause distinct voltages to be quantized into the same bin, and strongly distort extreme voltages. Errors in leads I and II propagate to the derived leads. The 0.5 Hz high-pass filter removes low-frequency content before codec fidelity is measured; therefore, the reported fidelity does not account for the filter's effect. Fixed windows defined relative to each beat may be unsuitable for fast or irregular rhythms. Correlation alone does not guarantee amplitude fidelity, and a global PRDN may mask local errors. Finally, the examination of a limited number of visual examples and evaluation-fold records during development weakens support for claims of generalization.

4. CONCLUSION

ECG26c provides an interpretable symbolic conversion and an approximate reconstruction of filtered 12-lead ECGs. Similar overall waveforms, however, do not necessarily indicate clinical equivalence. The present evaluation includes neither LLM fine-tuning nor a comprehensive diagnostic assessment. Future work should finalize the encoder using only the training and validation folds, test it on external ECGs that were not used during training or development, and evaluate the symbolic sequences in downstream applications.

Data and code availability. The encoder, decoder, and reconstruction evidence are available from the ECG26c project repository (ECG26c project, 2026). PTB-XL is distributed under the CC BY 4.0 license (Wagner et al., 2022).

Declaration of generative AI use. In preparing this manuscript, the authors used Claude (Opus 5.5) for English language editing, formatting of tables and captions according to the congress template, consistency checks of the reported values against the deposited project files (ECG26c project, 2026), and preparation of the plotting code with which Figures 1–3 were regenerated from the authors' data and software.

REFERENCES

Choi, S., Mousavi, S., Si, P., Yhdego, H. G., Khadem, F., & Afghah, F. (2023). ECGBERT: Understanding hidden language of ECGs with self-supervised representation learning [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.06340

Douglas, D. H., & Peucker, T. K. (1973). Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature. Cartographica, 10(2), 112–122. https://doi.org/10.3138/FM57-6770-U75U-7727

ECG26c project. (2026). Encoder, decoder and deposited reconstruction evidence (Commit 43017c60bfad7565a0702bb69f4ca5082d1034ca) [Computer software and data]. GitHub. https://github.com/ekabullar/-ecg26c-llm/tree/43017c60bfad7565a0702bb69f4ca5082d1034ca

Han, W., Duan, C., Rosenberg, M., Liu, E., & Zhao, D. (2025). ECG-Byte: A tokenizer for end-to-end generative electrocardiogram language modeling. Proceedings of Machine Learning Research, 298. https://proceedings.mlr.press/v298/han25a.html

Kim, S.-J., Koh, K., Boyd, S., & Gorinevsky, D. (2009). ℓ1 trend filtering. SIAM Review, 51(2), 339–360. https://doi.org/10.1137/070690274

Ramer, U. (1972). An iterative procedure for the polygonal approximation of plane curves. Computer Graphics and Image Processing, 1(3), 244–256. https://doi.org/10.1016/S0146-664X(72)80017-0

Wagner, P., Strodthoff, N., Bousseljot, R.-D., Kreiseler, D., Lunze, F. I., Samek, W., & Schaeffter, T. (2020). PTB-XL, a large publicly available electrocardiography dataset. Scientific Data, 7, Article 154. https://doi.org/10.1038/s41597-020-0495-6

Wagner, P., Strodthoff, N., Bousseljot, R.-D., Samek, W., & Schaeffter, T. (2022). PTB-XL (Version 1.0.3) [Data set]. PhysioNet. https://doi.org/10.13026/kfzx-aw45

Xia, Y., Li, J., Sun, Y., & Bu, J. (2025). ECG-aBcDe: Overcoming model dependence, encoding ECG into a universal language for any LLM [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.12625

TÜRKİYE SAĞLIK ARAŞTIRMASI VERİLERİYLE MEYVE-SEBZE TÜKETİMİ VE FİZİKSEL AKTİVİTE EĞİLİMLERİ

Asst. Prof. Elif Didem Örs DEMET
Necmettin Erbakan University, Nezahat Keleşoğlu Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Konya, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-0662-0644 | E-mail: edors@erbakan.edu.tr

ÖZET

Türkiye'de ≥15 yaş nüfusta meyve-sebze tüketimi, iş dışı aerobik fiziksel aktivite ve sağlık algısı eğilimleri incelenmiştir. Türkiye Sağlık Araştırması'nın yayımlanmış nüfus ağırlıklı yüzdeleriyle ikincil analiz yapılmıştır. Tüketim sıklığı için yedi (2010–2025), porsiyon ve aktivite için beş (2014–2025), sağlık algısı için sekiz (2008–2025) araştırma dönemi değerlendirilmiştir. Analiz birimi araştırma dönemidir. Monoton eğilimler keşifsel Mann–Kendall testiyle, yıllık değişim Theil–Sen eğimiyle incelenmiş; yaş ve cinsiyet farklılıkları betimlenmiştir. Günlük meyve tüketimi %57,03'ten %28,71'e, sebze/salata tüketimi %69,42'den %32,59'a düşmüştür. Yıllık eğimler meyvede −1,77 (%95 güven aralığı: −2,60 ile −0,90), sebze/salatada −2,36 (%95 güven aralığı: −3,15 ile −1,36) yüzde puandır (her ikisi için p=0,003). En büyük dönemler arası azalma 2019–2022 arasında görülmüştür. Haftada 1–3 kez tüketim meyvede %16,66'dan %33,58'e, sebze/salatada %11,55'ten %30,25'e yükselmiştir (her ikisi için p=0,011). 2014–2025 döneminde sıfır günlük porsiyon kategorisi %33,57'den %62,27'ye yükselirken, en az beş porsiyon tüketimi %3,07'den %2,22'ye gerilemiştir; her iki eğilim anlamlı değildir (p=0,083). Sıfır porsiyon kategorisi hiç tüketmeme olarak yorumlanmamalıdır. Üst iki aktivite kategorisi birleştirilerek hesaplanan, haftada en az 150 dakika iş dışı aerobik aktivite bildirenlerin oranı %4,70–6,30 arasında değişmiş, monoton eğilim göstermemiştir (p=1,000). Gösterge toplam fiziksel aktiviteyi veya Dünya Sağlık Örgütü önerilerine tam uyumu ölçmemektedir. Çok iyi/iyi sağlık algısında anlamlı eğilim saptanmamıştır (%63,56'dan %63,39'a; p=0,179). 2025'te kadınların günlük meyve tüketimi %29,84, erkeklerin %27,55; sebze/salata tüketimi sırasıyla %34,51 ve %30,64'tür; en düşük tüketim 15–24 yaş grubundadır (meyve %22,16; sebze/salata %26,41). Toplulaştırılmış analizler örnekleme hatasını içermez, nedensellik göstermez; güven aralıkları dönemler arası eğimleri tanımlar. Yöntem farklılıkları karşılaştırmaları etkileyebilir. Bulgular, günlük tüketimdeki azalma ve düşük iş dışı aerobik aktivite bildirimi doğrultusunda beslenme izleminin sürdürülmesini ve sağlıklı yaşamın önündeki engellerin araştırılmasını desteklemektedir.

Anahtar kelimeler: Beslenme, fiziksel aktivite, halk sağlığı, meyve, sebze

TRENDS IN FRUIT AND VEGETABLE CONSUMPTION AND PHYSICAL ACTIVITY USING TÜRKİYE HEALTH SURVEY DATA

ABSTRACT

This study examined national trends in fruit and vegetable consumption, non-work-related aerobic activity, and self-rated health among people aged ≥15 years in Türkiye. A descriptive secondary analysis used published population-weighted Türkiye Health Survey percentages: seven waves for consumption frequency (2010–2025), five for portions and activity (2014–2025), and eight for health (2008–2025). Survey waves were the analytical units. Exploratory Mann–Kendall tests assessed trends; Theil–Sen slopes estimated annual changes. Subgroup differences were descriptive. Daily fruit consumption declined from 57.03% to 28.71%, and vegetable/salad consumption from 69.42% to 32.59%. Annual slopes were −1.77 (95% confidence interval: −2.60 to −0.90) and −2.36 (−3.15 to −1.36) percentage points, respectively (both p=0.003). The largest decreases occurred during 2019–2022. Consumption one to three times weekly increased from 16.66% to 33.58% for fruit and from 11.55% to 30.25% for vegetables/salad (both p=0.011). During 2014–2025, zero daily portions increased from 33.57% to 62.27%, whereas consumption of ≥5 portions declined from 3.07% to 2.22%; neither trend was significant (p=0.083). Zero daily portions do not imply never consuming fruit or vegetables. Combining the two highest activity categories yielded 4.70%–6.30% reporting ≥150 minutes/week of non-work-related aerobic activity, without a monotonic trend (p=1.000). This indicator measures neither total activity nor full adherence to World Health Organization recommendations. Very good/good health showed no significant trend (63.56% to 63.39%; p=0.179). In 2025, daily fruit consumption was 29.84% in women versus 27.55% in men; vegetable/salad consumption was 34.51% versus 30.64%. Consumption was lowest at ages 15–24 (fruit 22.16%; vegetables/salad 26.41%). Aggregate analyses exclude sampling error and cannot establish causality; confidence intervals describe between-wave slopes. Methodological differences may affect comparisons. Findings support continued nutritional surveillance and investigation of barriers to healthy diets and activity.

Keywords: Nutrition, physical activity, public health, fruit, vegetables

1. INTRODUCTION

Comparisons of national nutrition surveys conducted between 1974 and 2017 suggest that fruit and vegetable consumption has declined in Türkiye (Koçyiğit et al., 2022). National household data also show differences in consumption across population groups (Küçük et al., 2023). Repeated questions in the Türkiye Health Survey make it possible to examine when changes in consumption were most pronounced and which age groups were least likely to report eating fruit or vegetables daily.

Consumption frequency and amount capture different aspects of diet. A daily fruit consumer, for example, may eat one or several portions. Likewise, time spent on aerobic activity outside work captures only part of a person's physical activity. This study examined trends in fruit and vegetable/salad consumption frequency, daily portions, non-work-related aerobic activity and self-rated health among people aged 15 years and older in Türkiye. Differences by age and sex were described where data were available.

2. MATERIALS AND METHODS

Data source and study population

This repeated cross-sectional study used published population-weighted percentages from the Turkish Statistical Institute (TurkStat, 2026). The survey covers people aged 15 years and older living in households in Türkiye. In 2025, the multistage cluster sample comprised 10,800 household addresses. Data were collected through computer-assisted face-to-face interviews. People living in institutions were outside the sampling frame (Turkish Statistical Institute, n.d.). Each survey wave contributed one observation per indicator. Only public aggregate tables were used.

Fruit and vegetable/salad consumption frequencies were available for 2010, 2012, 2014, 2016, 2019, 2022 and 2025 (release tables t26 and t27). Daily portions and weekly activity duration were available for five waves beginning in 2014 (t29). The self-rated health series also included 2008, giving eight waves in total (TurkStat, 2026).

Measures and statistical analysis

Daily consumption and consumption one to three times per week were examined separately for fruit and for vegetables/salad. The published table groups combined daily fruit and vegetable portions into zero, one to four, and five or more. The 2025 questionnaire asks about portions only of daily consumers. A person in the zero-daily-portion category may therefore still eat fruit or vegetables on some days of the week (Turkish Statistical Institute, n.d.).

The two highest categories of weekly non-work-related aerobic activity (150 to <300 minutes and ≥300 minutes) were combined. The resulting indicator excludes occupational activity and does not measure muscle-strengthening activity. The adult weekly threshold also cannot assess whether respondents aged 15–17 meet age-specific activity recommendations. For self-rated health, the two most favourable responses (very good and good) and the two least favourable responses (bad and very bad) were combined separately.

Monotonic trends were examined using exact two-sided Mann–Kendall tests (Kendall, 1975; Mann, 1945). Theil–Sen slopes were calculated using the actual survey years to account for unequal intervals and are reported in percentage points per year with 95% confidence intervals (Sen, 1968). Analyses used Python and SciPy 1.17. The exploratory tests used a significance threshold of 0.05 without adjustment for multiple comparisons. Age and sex differences were described without significance testing.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Daily fruit consumption fell by about half between 2010 and 2025. The absolute decline was larger for vegetables/salad. Both series rose briefly between 2014 and 2016. The largest between-wave declines occurred from 2019 to 2022, when daily consumption fell by 9.18 percentage points for fruit and 14.12 points for vegetables/salad (Table 1).

Table 1. Selected fruit and vegetable consumption frequencies among people aged 15 years and older in Türkiye (%)

Year	Daily fruit	Daily vegetables/salad	Fruit 1–3 times/week	Vegetables/salad 1–3 times/week
2010	57.03	69.42	16.66	11.55
2012	54.22	64.78	16.11	10.44
2014	47.46	60.34	24.86	16.55
2016	51.63	60.91	24.01	16.06
2019	45.68	55.28	27.56	20.57
2022	36.50	41.16	29.18	25.34
2025	28.71	32.59	33.58	30.25

Source: TurkStat (2026), tables t26 and t27. Percentages are weighted estimates for the population in each survey wave.

Daily consumption declined by an estimated 1.77 percentage points per year for fruit and 2.36 points for vegetables/salad (Table 2). Both trends had a Kendall τ of −0.90 ($p = 0.003$). Over the same period, consumption one to three times per week increased by 1.13 percentage points per year for fruit and 1.41 points for vegetables/salad (both $p = 0.011$).

Table 2. Trends in consumption, non-work-related aerobic activity and self-rated health

Indicator	n	Change (pp)	Slope, pp/year (95% CI)	τ	p
Daily fruit	7	−28.32	−1.77 (−2.60 to −0.90)	−0.90	0.003
Fruit 1–3 times/week	7	+16.92	1.13 (0.54 to 1.64)	0.81	0.011
Daily vegetables/salad	7	−36.82	−2.36 (−3.15 to −1.36)	−0.90	0.003
Vegetables/salad 1–3 times/week	7	+18.70	1.41 (0.80 to 1.59)	0.81	0.011
0 daily portions	5	+28.70	2.79 (−0.61 to 5.30)	0.80	0.083
1–4 daily portions	5	−27.85	−2.74 (−5.13 to 0.19)	−0.80	0.083
≥5 daily portions	5	−0.85	−0.10 (−0.37 to 0.43)	−0.80	0.083
No non-work aerobic activity	5	−2.03	−0.18 (−0.80 to 0.45)	−0.20	0.817
Non-work aerobic activity ≥150 min/week	5	−0.07	0.01 (−0.80 to 0.47)	0.00	1.000
Very good/good health	8	−0.17	−0.04 (−0.73 to 0.42)	−0.43	0.179
Bad/very bad health	8	−2.60	−0.15 (−0.42 to 0.12)	−0.21	0.548

Note. n = number of waves. Change is the last estimate minus the first, in percentage points (pp). Theil–Sen slopes are in pp/year. CI = confidence interval. τ = Kendall's rank correlation. All p values are two-sided. Calculated by the author from weighted percentages published by TurkStat (2026).

Daily portions and non-work-related aerobic activity

The proportion reporting one to four daily portions fell from 63.37% in 2014 to 35.51% in 2025. Over the same period, the proportion in the zero-daily-portion category rose by 28.70 percentage points (Table 3). The estimated annual increase was 2.79 percentage points, with a wide confidence interval spanning zero (95% CI −0.61 to 5.30). Fewer than 4% reported five or more daily portions in each of the five waves.

Activity duration and subgroup differences

Table 3. Daily fruit and vegetable portions and weekly non-work-related aerobic activity (%)

Year	0 portions	1–4 portions	≥5 portions	No activity	≥150 min/week
2014	33.57	63.37	3.07	88.67	6.30
2016	32.34	63.74	3.92	88.72	4.70
2019	37.45	59.75	2.80	87.71	5.36
2022	53.34	44.36	2.30	89.04	4.81
2025	62.27	35.51	2.22	86.64	6.23

Source: TurkStat (2026), table t29. The activity columns show two selected levels. The ≥150-minute indicator combines the two highest duration categories.

The percentages reporting at least 150 minutes per week of non-work-related aerobic activity were similar in 2014 and 2025, with no monotonic trend across waves (τ = 0.00, p = 1.000).

The percentage was higher among men in every wave. In 2025, it was 8.09% among men and 4.41% among women. The proportion reporting no such activity fell from 93.83% to 89.72% among women. The corresponding figures for men were 83.36% and 83.49%.

In 2025, daily consumption among women was 2.29 percentage points higher for fruit and 3.87 points higher for vegetables/salad than among men. The 15–24 age group had the lowest daily consumption for both food groups (Table 4). Daily fruit consumption was highest among people aged 75 years and older (36.04%), while daily vegetable/salad consumption was highest at ages 55–64 (38.00%).

Table 4. Daily fruit and vegetable/salad consumption by age group in 2025

Age group (years)	Daily fruit (%)	Daily vegetables/salad (%)
15–24	22.16	26.41
25–34	25.81	29.99
35–44	27.48	32.81
45–54	30.17	35.72
55–64	34.66	38.00
65–74	34.07	34.29
75+	36.04	34.53

Source: TurkStat (2026), tables t26 and t27. Each percentage refers to the population in the corresponding age group.

Self-rated health

The proportion reporting very good or good health was 63.56% in 2008 and 63.39% in 2025. Intermediate estimates ranged from 60.89% to 70.70% (p for trend = 0.179). Reports of bad or very bad health declined from 10.14% to 7.54%, with no significant monotonic trend (p = 0.548). In 2025, 87.93% of people aged 15–24 rated their health as very good or good, compared with 14.28% of those aged 75 years and older.

As daily consumption declined, the proportion eating fruit or vegetables/salad one to three times each week increased. This pattern is consistent with earlier national dietary surveys in Türkiye (Koçyiğit et al., 2022). Each wave sampled different people, so the data cannot identify individuals who switched from daily to less frequent consumption. Frequency also provides no direct estimate of intake in grams.

The steepest declines occurred between 2019 and 2022. Changes in food purchasing during the pandemic have been documented in Türkiye (Erol et al., 2023). The present analysis included no measures of household income, food prices or shopping conditions. It therefore cannot attribute the decline to the pandemic or to economic conditions. Household purchasing and access data could help explain the low daily consumption observed among people aged 15–24.

The persistent difference between women and men in reported non-work-related aerobic activity warrants closer examination of the time and opportunities available for activity outside work. In self-rated health, the clearest descriptive contrast was between age groups. Consumption, activity and health were tabulated separately, which prevents assessment of whether particular behaviours and health outcomes occurred in the same individuals.

Study limitations

All measures were self-reported. Recall, fieldwork season and differences in sampling or weighting may affect comparisons across waves. Trend analyses used only five to eight observations, limiting statistical power, especially for the five-wave series. Confidence intervals describe between-wave slopes. They do not incorporate the sampling error of each prevalence estimate or serial correlation. Differences by age and sex were not tested statistically.

4. CONCLUSION

Daily fruit and vegetable/salad consumption declined among people aged 15 years and older in Türkiye between 2010 and 2025, with the largest decreases between 2019 and 2022. In 2025, daily consumption was lowest for both food groups at ages 15–24. The proportion reporting at least 150 minutes per week of non-work-related aerobic activity remained low throughout 2014–2025. Individual and household data could clarify how access to fresh produce among young people and opportunities for activity outside work among women relate to these national patterns.

REFERENCES

Erol, I., Mutuş, B., Ayaz, N. D., Stowell, J. D., & Sırıken, B. (2023). Food safety awareness, changes in food purchasing behaviour and attitudes towards food waste during COVID-19 in Türkiye. *Foods, 12*(24), 4396. https://doi.org/10.3390/foods12244396

Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation methods* (4th ed.). Charles Griffin.

Koçyiğit, E., Esgin, Ö., & Köksal, E. (2022). Türkiye'nin değişen beslenme örüntüsü. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, *50*(3), 40–52. https://doi.org/10.33076/2022.BDD.1670

Küçük, N., Urak, F., Bilgic, A., Florkowski, W. J., Kiani, A. K., & Özdemir, F. N. (2023). Fruit and vegetable consumption across population segments: Evidence from a national household survey. *Journal of Health, Population and Nutrition, 42*, 54. https://doi.org/10.1186/s41043-023-00382-6

Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, *13*(3), 245–259. https://doi.org/10.2307/1907187

Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association, 63*(324), 1379–1389. https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934

Turkish Statistical Institute. (n.d.). *Türkiye Sağlık Araştırması, 2025* [Microdata guide and questionnaire]. https://www.tuik.gov.tr/media/microdata/pdf/turkiye-saglik-arastirmasi.pdf

Turkish Statistical Institute. (2026). *Türkiye Sağlık Araştırması, 2025* [Statistical tables and survey metadata]. https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/53990

VOLEYBOLCULARDA PLİOMETRİK ANTRENMANIN SIÇRAMA PERFORMANSINA ETKİSİ 2020–2026 DÖNEMİNİN SİSTEMATİK DERLEMESİ

Şener MUTLU
Bursa Uludağ University, Faculty of Sport Sciences, Bursa, Türkiye
ORCID: 0000-0002-1711-6048
Doç. Dr. Sadettin EROL
Bursa Uludağ University, Faculty of Sport Sciences, Bursa, Türkiye
ORCID: 0000-0002-1544-4128
E-posta: serol@uludag.edu.tr

ÖZET

Amaç: Voleybolcularda pliometrik antrenmanın sıçrama performansına etkisini, karşılaştırıcı türü ve ölçülen sıçrama görevi bakımından değerlendirmektir. Yöntem: PubMed ve SPORTDiscus, 20 Ekim 2026 tarihinde tarandı. 2020 yılından tarama tarihine kadar yayımlanan, sağlıklı voleybolcularda en az dört haftalık alt ekstremite pliometrik antrenmanını karşılaştırıcı grupla inceleyen araştırmalar değerlendirildi. 556 ham kayıttan 115 yinelenen başlık çıkarıldı; 441 kayıt tarandı. Veri tabanlarından 44, tamamlayıcı aramadan iki tam metin değerlendirildi ve 28 çalışma anlatısal senteze alındı. Randomize bildirilen çalışmalar ile randomize olmayan tasarımlar ayrıldı. Yanlılık alanları yapılandırılmış biçimde incelendi; karşılaştırıcı ve ölçüm farklılıkları nedeniyle meta-analiz yapılmadı. Bulgular: Programlar 4–15 hafta sürdü ve çoğunlukla haftada iki veya üç seans uygulandı. Bazı karşılaştırmalarda pliometrik antrenman olağan antrenmana göre daha fazla gelişme sağladı; ancak tüm testler ve programlar aynı üstünlüğü göstermedi. On yedi kadın voleybolcunun incelendiği dört haftalık çalışmada başlangıç değerine göre düzeltilmiş karşı hareketli sıçrama farkı 1,74 cm olarak bildirildi. Eşit haftalık hacimle uygulanan bir ve iki seans arasında anlamlı fark bulunmaması eşdeğerlik olarak yorumlanmadı. Zemin, ek yük ve egzersiz türü karşılaştırmalarındaki avantajlar sonlanıma özgüydü. Küçük gruplar, atama gizliliğinin yetersiz raporlanması, katılımcı sayısı çelişkileri ve bazı araştırmalarda gruplar arası analizlerin belirsizliği güveni sınırladı. Sonuç: Pliometrik antrenman, voleybolcularda belirli sıçrama görevlerini geliştirmek için kullanılabilir. Bununla birlikte ortak bir en iyi doz, zemin veya yükleme biçimi belirlenememektedir. Genel sıçrama testlerindeki gelişme, smaç ve blok etkinliğine ya da maç başarısına doğrudan genellenmemelidir. İki veri tabanıyla sınırlı kapsam, erişilemeyen raporlar ve bağımsız çift insan değerlendirmesinin bulunmaması sonuçların yorumunda dikkate alınmalıdır.

Anahtar kelimeler: voleybol, pliometrik antrenman, sıçrama performansı, sistematik derleme

EFFECTS OF PLYOMETRIC TRAINING ON JUMP PERFORMANCE IN VOLLEYBALL PLAYERS A SYSTEMATIC REVIEW OF CONTROLLED STUDIES FROM 2020 TO 2026

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effects of plyometric training on jump performance in volleyball players, distinguishing comparator types and jump tasks. Methods: PubMed and SPORTDiscus were searched on 20 October 2026. Eligible reports were published from 2020 to the search date and investigated at least four weeks of lower-limb plyometric training in healthy volleyball players using a comparison group. Of 556 database records, 115 duplicate titles were removed and 441 records were screened. Forty-four database reports and two supplementary full texts were assessed; 28 studies entered the narrative synthesis. Studies reporting random allocation were distinguished from nonrandomized designs. Bias domains were appraised using a structured approach. No meta-analysis was undertaken because comparators, measurements, and reporting completeness differed. Results: Programs lasted 4–15 weeks and usually involved two or three weekly sessions. Some comparisons favored plyometric training over usual training, although benefits were not consistent across tests or programs. A four-week study involving 17 female players reported a baseline-adjusted countermovement jump difference of 1.74 cm. A volume-matched comparison found no significant difference between one and two weekly sessions; this did not establish equivalence. Advantages associated with surfaces, external loading, and exercise selection were outcome-specific. Small groups, insufficient reporting of allocation concealment, inconsistent participant counts, and unclear between-group analyses reduced confidence. Conclusion: Plyometric training can improve selected jump tasks in volleyball players. The evidence does not establish one optimal dose, surface, or loading strategy. Improvements in general jump tests should not automatically be interpreted as improved spike or block effectiveness or match performance. Coverage of two databases, unretrieved reports, and the absence of independent duplicate human assessment limit interpretation.

Keywords: volleyball, plyometric training, jump performance, systematic review

GİRİŞ

Voleybolda smaç ve blok sırasında erişilen yükseklik, oyuncunun fiziksel kapasitesi kadar yaklaşma adımları, kol salınımı ve zamanlamayla da ilişkilidir. Bu nedenle karşı hareketli sıçrama (CMJ), squat jump (SJ), drop jump (DJ) ve smaç ya da blok erişimi aynı sonlanım olarak ele alınamaz. Özellikle uzanarak dokunulan toplam yükseklik ile ayakta erişim çıkarılarak hesaplanan sıçrama yüksekliği farklı ölçümlerdir. Antrenmanın etkisi, testin hangi özelliği ölçtüğü belirtilerek değerlendirilmelidir.

Pliometrik antrenman, hızlı eksantrik yüklenmeyi izleyen konsantrik eylemlerle gerilme-kısalma döngüsünü hedefler. Bununla birlikte düşüş yüksekliği, hareket yönü, dış yük, temas süresi ve zemin değiştiğinde mekanik uyaran da değişir. Aynı sayıda sıçrama içeren iki programın aynı antrenman yükünü oluşturduğu varsayılamaz.

Voleybolda pliometrik antrenmana ilişkin önceki derlemeler genel performans gelişimini desteklemiştir (Ramirez-Campillo ve ark., 2021). Güncel kontrollü araştırmalar ise yalnızca antrenman eklenmesini değil, farklı zeminleri, seans sıklıklarını ve yükleme biçimlerini karşılaştırmaktadır. Bu karşılaştırmaların tek bir genel etki sorusuna indirgenmesi programlama kararlarını belirsizleştirebilir. Bu derlemenin amacı, 2020–2026 dönemindeki kontrollü araştırmaları karşılaştırıcı ve sıçrama görevi temelinde sentezlemek, sonuçların güvenirliğini etkileyen yöntem ve raporlama sorunlarını değerlendirmektir.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Yöntem

Kapsam ve raporlama

Derleme, PRISMA 2020 akış mantığı ve meta-analiz yapılmayan sentezler için SWiM ilkeleri dikkate alınarak hazırlandı (Page ve ark., 2021; Campbell ve ark., 2020). Protokol ileriye dönük kaydedilmedi. Ön tarama sırasında önceki derlemelerin ve yeni program karşılaştırmalarının görülmesinden sonra kapsam 1 Ocak 2020–20 Ekim 2026 yayın dönemiyle sınırlandırıldı. Bu karar önceden belirlenmiş bir protokol kararı değildir; kapsam değişikliği olarak kaydedildi. 2020 alt tarih sınırı arama dizgesine eklenmedi; eski yayınlar seçim aşamasında ayrıldı. PubMed'de tarama tarihini aşan yayınları ayırmak için üst tarih sınırı kullanıldı.

Bilgi kaynakları ve arama

PubMed, NCBI E-utilities üzerinden; SPORTDiscus with Full Text, Bursa Uludağ Üniversitesi Kütüphanesi VETİS erişimi üzerinden 20 Ekim 2026 tarihinde tarandı. Dil, cinsiyet ve yaş sınırlaması uygulanmadı. SPORTDiscus'ta tam metin ve hakemli dergi filtreleri kapalı, Boolean arama ve kavram genişletme seçeneği açıktı. Aramanın 161 PubMed ve 395

SPORTDiscus kaydı, başlık ve mevcut özetleriyle saklandı. Tam metin incelemesi sırasında kaynak zinciri ve hedefli yayınevi aramalarından üç ek rapor belirlendi. Bu işlem ayrı bir veri tabanının sistematik taraması olarak sunulmadı. Scopus ve Web of Science taranmadı.

PubMed arama dizgesi

(volleyball[Title/Abstract] OR volleyballers[Title/Abstract] OR "Volley Ball"[MeSH Terms]) AND (plyometric*[Title/Abstract] OR "Plyometric Exercise"[MeSH Terms] OR "jump training"[Title/Abstract] OR "stretch-shortening"[Title/Abstract]) AND ("1900/01/01"[Date - Publication] : "2026/10/20"[Date - Publication])

SPORTDiscus arama dizgesi

(volleyball OR volleyballers) AND (plyometric* OR "jump training" OR "stretch-shortening"). Arama tüm yayın tarihlerinde gerçekleştirildi. Veri tabanlarının alan tanımları ve kavram genişletme davranışları aynı olmadığından iki sorgu birebir eşdeğer kapsam iddiası taşımamaktadır.

Uygunluk ölçütleri

Sağlıklı voleybolcularda en az dört haftalık alt ekstremite pliometrik antrenmanını eşzamanlı bir grupla karşılaştıran ve sıçrama yüksekliği ya da mesafesini raporlayan birincil araştırmalar dahil edildi. Yaş ve rekabet düzeyi sınırlandırılmadı. Olağan antrenman, alternatif egzersiz ve doğrudan pliometrik program değişiklikleri uygun karşılaştırıcılardı. Zemin, sıklık, sıçrama sırasında dış yük, egzersiz türü ve topla uygulama farklılıkları program değişikliği sayıldı. Karışık spor örneklemleri yalnız voleybola ait sonuçlar ayrılabiliyorsa uygundu. Akut uygulamalar, kontrolsüz önce-sonra tasarımlar, yalnız üst ekstremite uygulamaları, yalnız güç değerleri veya temas süreleri sunan araştırmalar dışlandı. Ortak pliometrik programa ayrı direnç, sürat ya da çok bileşenli teknoloji paketi eklenip pliometrik karşılaştırmanın ayrıştırılamadığı çalışmalar ana senteze alınmadı. Çok kollu araştırmalarda uygun kollar değerlendirildi; örneğin ortak ağırlık antrenmanına eklenen DJ ile aynı ağırlık programı karşılaştırılabildi.

Seçim ve veri çıkarımı

Başlıklar küçük harfe çevrilip noktalama ve aksan farklılıkları giderilerek eşleştirildi; 115 yinelenen başlık çıkarıldı. Kalan kayıtların başlık ve özetleri değerlendirildi, belirsiz raporlar tam metne taşındı. Tam metinler yayınevi, açık arşiv ve kurumsal abonelik üzerinden arandı. Erişilemeyen raporlar, uygun olmadığı kanıtlanan araştırmalarla birleştirilmedi. Çıkarılan alanlar tasarım, başlangıç ve analiz örneklemi, cinsiyet, yaş, program süresi, sıklık, karşılaştırıcı, ölçüm aracı, sıçrama görevi ve gruplar arası sonuçlardı. Kaynakların yöntem,

tablo ve şekilleri çeliştiğinde eksik değerler tahmin edilmedi. Raporlanan örneklem sayıları üç araştırmada uzlaştırılamadığından tek bir kesin toplam katılımcı sayısı verilmedi.

Yanlılık alanları ve sentez

Randomize bildirilen araştırmalar, RoB 2'nin randomizasyon, müdahaleden sapma, eksik sonuç verisi, ölçüm ve raporlanan sonucun seçimi alanları kullanılarak yapılandırılmış biçimde değerlendirildi (Sterne ve ark., 2019). Resmî işaret soruları ve algoritma çalışma sayfaları tüm araştırmalarda tamamlanmadığından bu işlem tamamlanmış bir RoB 2 uygulaması olarak adlandırılmadı. Randomize olmayan çalışmalarda karıştırma, katılımcı seçimi, kayıp ve ölçüm sorunları ayrıca incelendi; tam ROBINS-I değerlendirmesi yapılmadı. Açıklanmayan yöntem, gerçekleşmediği kanıtlanmış yöntem gibi yorumlanmadı; katılımcının körlenememesi tek başına yüksek yanlılık sayılmadı. Tarama ve veri çıkarımı yapay zekâ desteğiyle yürütüldü; bazı çıkarımlar ayrı bir yapay zekâ incelemesiyle kaynak üzerinden kontrol edildi. Bağımsız iki insan değerlendiricinin seçimi ve uzlaşması uygulanmadı.

Karşılaştırmaların yorumlanması

Sentez, olağan antrenman veya alternatif egzersiz karşılaştırmaları ile iki pliometrik programın karşılaştırmalarına ayrıldı. CMJ, SJ, DJ, kol salınımlı sıçrama, smaç ve blok sonuçları birleştirilmedi. Başlangıca göre düzeltilmiş karşılaştırmalar ve grup×zaman testleri, grup içi değişimlerden ayrıldı. Salt anlamlı sonuç sayımına dayalı oylama veya ortak bir etki büyüklüğü hesabı yapılmadı. Çok kollu yapı, farklı ölçümler, eksik değişim varyansları ve çözülemeyen raporlama sorunları nedeniyle meta-analiz uygulanmadı. GRADE ile resmî kanıt kesinliği puanı üretilmedi.

Bulgular

Çalışma seçimi

556 veri tabanı kaydından 115 yinelenen başlık çıkarıldı. 441 kaydın 394'ü başlık-özet aşamasında dışlandı; 47 raporun tam metni arandı. Üçüne erişilemedi ve 44 tam metin değerlendirildi. Bunlardan 18'i dışlandı, 26 çalışma dahil edildi. Tamamlayıcı aramada belirlenen üç raporun ikisine erişildi ve ikisi dahil edildi; birine erişilemedi. Böylece toplam 46 tam metin değerlendirildi ve 28 çalışma sentezlendi. Nihai sayılar, ön taramada belirsiz bırakılan kararlar kapatıldıktan sonraki akışı gösterir (Tablo 1).

Tablo 1 Çalışma seçimi akışı

Aşama	Veri tabanları	Tamamlayıcı arama
Bulunan ham kayıt/rapor	556	3
Yinelenen başlık çıkarıldı	115	0
Başlık ve özeti tarandı	441	—
Başlık-özet aşamasında dışlandı	394	—
Tam metni arandı	47	3
Tam metnine erişilemedi	3	1
Tam metni değerlendirildi	44	2
Tam metinde dışlandı	18	0
Dahil edilen çalışma	26	2

Tam metin dışlamaları ve erişim

Dışlanan 18 raporun gerekçeleri; beşinde eşzamanlı kontrol bulunmaması, ikisinde ayrıştırılamayan karışık spor örneklemi, üçünde izole edilemeyen çok bileşenli müdahale, dördünde uygun sıçrama sonucu ya da ölçüm tanımı bulunmaması, birinde en az dört haftalık sürenin doğrulanamaması, birinde kesitsel tasarım, birinde yalnız ek sürat uygulamasının karşılaştırılması ve birinde önceki kohortla örtüşen raporlamadır. Her rapora tek ana gerekçe atandı. Karışık spor araştırmalarında voleybol sonuçları ayrı raporlanmadığında bu veriler kullanılmadı. Bir 2021 raporu, 2017 yayınındaki etik numarası, popülasyon ve antrenman dizisiyle örtüştüğünden bağımsız yeni bir çalışma sayılmadı; örneklem sayıları arasındaki fark da kaydedildi. Dışlanan tam metinlerin kimlikleri ve tekil gerekçeleri Tablo 3'te verilmiştir. Tam metnine erişilemeyen dört rapor Tablo 4'te listelenmiştir; bu raporların özet sonuçları ana etki sentezine taşınmadı.

Araştırmaların özellikleri

Dahil edilen programlar 4–15 hafta sürdü; çoğu haftada iki veya üç seans uygulandı. Kadın, erkek ve karma örneklemler; adölesan, üniversite ve yetişkin takım oyuncuları birlikte yer aldı. Birçok kolda yalnız 6–15 sporcu bulunuyordu. Bazı araştırmalar olağan antrenmanı sürdürürken ilave pliometrik seans ekledi; bazıları teknik çalışmanın bir bölümünü değiştirdi.

Bu uygulamalar aynı toplam yük karşılaştırması değildir. Randomizasyon iddiası bulunan yayınlarla eşleştirilmiş veya önceden oluşmuş gruplara dayalı yayınların sonuçları ayrı yorumlandı. Araştırma bazındaki örneklem, program ve sonuç özeti Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2 Dahil edilen kontrollü çalışmalar

Çalışma ve örneklem	Program ve karşılaştırıcı	Sıçrama bulgusu
Ruffieux ve ark. (2020) 33→26 kadın; eşleştirilmiş	6 hf; 2/hafta; CMJ ağırlıklı ve DJ ağırlıklı	Dört test ortalaması %16,7 ve %7,3; CMJ ağırlıklı lehine. Randomize değil.
Ahmadi ve ark. (2021) 20→17 kadın	8 hf; 2/hafta; kum ve sert zemin	DJ sert zemin lehine; CMJ ve smaç yüksekliğinde zemin üstünlüğü yok.
Thattarauthodiyil ve Shenoy (2022) 180 toplam; ilgili kollar 120; kadın/erkek	8 hf; 2/hafta; PJT ve olağan antrenman	PJT-kontrol posttest farkları bildirildi; ek germe kolu PJT etkisinden ayrı tutuldu.
Rojano Ortega ve ark. (2022) 28 kadın	7 hf; 2/hafta; düşük yoğunluk ve kontrol	CMJ 25,17→27,47 ve 22,59→23,79 cm; açık gruplar arası etki verilmedi.
Guimarães ve ark. (2023) 17 kadın	4 hf; 2/hafta; ek PJT ve kontrol	CMJ için başlangıca göre düzeltilmiş fark 1,74 cm; p=0,027.
Sotiropoulos ve ark. (2023) 55 kadın; beş kol	8 hf; 13 DJ ve 13 ağırlık seansı; farklı kutular	Optimal ve %25 yüksek kutu bazı testlerde üstün; yüksek kutu optimalden üstün değil.
Hernandez-Martinez ve ark. (2023) 53 atama; analiz 42/41 çelişkili; erkek	8 hf; 1 ve 2/hafta; eşit hacim ve kontrol	CMJ kontrole üstün; iki sıklık arasında fark yok. Devam koşuluyla dışlama.
Arman ve Kaplan (2024) 31 kadın	9 hf; 8 hf yelekle; 3/hafta; %5 ve %10 yük	Dikey sıçrama karşılaştırması p=0,395; %5 yükün üstünlüğü doğrulanmadı.
Esposito ve ark. (2024) 20 erkek	6 hf; 3/hafta; topla ve topsuz PJT	Kol salınımlı CMJ etkileşimi p=0,004; SJ için fark yok.
Hammami ve ark. (2024) 30 atama; analiz sayısı belirsiz; erkek	8 hf; 2/hafta; bireysel ve standart kutu	DJ bireyselleştirme lehine; katılımcı ve test yüksekliği raporları çelişkili.
Alim ve ark. (2024) 24 kadın; atama tanımı tutarsız	6 hf; 2/hafta; diz çekme ve kutuya sıçrama	Her iki kol gelişti; uygun gruplar arası değişim testi raporlanmadı.
Zhao ve Lu (2024) 24 yöntem/20 tablo; erkek	6 hf; 3/hafta; DJ aralıkları ve koşu	SJ ve CMJ değişimi DJ lehine; analiz sayısı ve güven aralığı birimi belirsiz.
Zhu ve Cui (2024) 30 erkek	6 hf; 2/hafta; sabah, akşam ve kontrol	CMJ sabah lehine; smaç için ek sabah üstünlüğü yok.
Açak ve ark. (2025) 16 kız	15 hf; 3/hafta; 13. hafta dinlenme; Air Alert III ve kontrol	Dikey sıçrama artışı; F istatistiğinin etki türü belirsiz.
Atıcı ve Bayrakdar (2025) 30 erkek; üç kol	8 hf; 2/hafta; PJT, çeviklik ve kontrol	PJT artışı %14,1; grup F testi bildirildi, etkileşim açık etiketlenmedi.
Iranpour ve ark. (2025) 40 erkek; dört kol	4 hf; standart, hız, ağırlık ve birleşik PJT	Yalnız birleşik kol standarttan posttest Sargent ve smaçta üstün.
Kürkcü Akgönül ve ark. (2025) 23 kadın/erkek	6 hf; 3/hafta; PJT ve olağan antrenman	CMJ 45,00→48,42 ve 39,72→40,54 cm; PDF tablosunda etkileşim p<0,001.
Muriyedath ve ark. (2025) 45 erkek; üç kol	12 hf; 3/hafta; PJT, TRX ve kontrol	Erişim farkı 42,53→46,53 ve 42,77→42,80 cm; üç kollu etkileşim anlamlı.

Çalışma ve örneklem	Program ve karşılaştırıcı	Sıçrama bulgusu
Okuyucu ve ark. (2025) 40 kadın/erkek; randomize değil	8 hf; 3/hafta; PJT ve kontrol	Posttest farkları PJT lehine; atama başlangıca bağlı, olgunlaşma düzeltilmedi.
Valunpion ve Rangubhet (2025) 24 kadın/erkek; hücrede 6	8 hf; 3/hafta; PJT ve Air Alert	PJT lehine gelişim bildirildi; iki programın hacim ve dinlenmesi farklı.
Yu ve ark. (2025) 40 erkek; dört kol	6 hf; 2/hafta; su, kum, salon ve kontrol	Su/kum CMJ'de salondan üstün; smaç/blokta ek zemin üstünlüğü yok.
Bao ve ark. (2026) 32 erkek; dört kol	8 hf; 3/hafta; yelek, bant, yüksüz PJT ve kontrol	Yükleme bazı değişimlerde avantajlı; yelek-bant CMJ farkı p=0,547.
Donoso ve ark. (2026) 55→44 kız; randomize değil	5 hf; 2/hafta; önceden oluşmuş gruplar	CMJ ve kol salınımlı sıçrama lehine; SJ farkı p=0,263. Kayıp sayıları çelişkili.
Mamajonov ve ark. (2026) 30 erkek; randomize değil	8 hf; 3/hafta; PJT ve kontrol	Tekrarlı CMJ 32,60→36,48 ve 30,07→32,11 cm; seçilim/karıştırma sorunu.
Mumcu ve ark. (2026) 18 erkek; yeni başlayan	6 hf; 2/hafta; PJT ve kontrol	Squat pozisyonundan sıçrama değişim farkı 8,21 cm; etkileşim p<0,001.
Noopayan ve ark. (2026) 30 kız; üç kol	8 hf; 3/hafta; yönlü ağırlıklı sıçrama ve kontrol	Öne-arkaya artış 0,27 cm; yanal kol kontrole üstün değil; test tanımı sınırlı.
Sezer ve ark. (2026) 20 kız	6 hf; yaklaşık 3/hafta; PJT ve kontrol	Birim ve etkileşim bilgileri şekil/metinde çelişkili; kesin etki çıkarılmadı.
Soltani ve ark. (2026) 39→37 erkek	4 hf; 3/hafta; dengesiz yük, yüksüz PJT ve kontrol	Erişim farkı iki PJT kolunda arttı; yük ve dengesizlik ayrı etkiler değil.

Not: PJT=pliometrik sıçrama antrenmanı; hf=hafta; CMJ=karşı hareketli sıçrama; SJ=squat jump; DJ=drop jump. Sayılar raporlanan başlangıç ve analiz örneklemleridir. Bir ok, kayıp veya analiz dışı kalmayı gösterir. Kesin analiz sayısı uzlaştırılamayan yayınlarda toplam verilmemiştir. Tek başına grup içi artış, karşılaştırmalı etki değildir.

Olağan antrenmana karşı sonuçlar

Guimarães ve arkadaşlarında (2023) CMJ, pliometrik kolda 28,93±3,24'ten 31,67±3,39 cm'ye, kontrolde 27,91±4,64'ten 28,97±4,58 cm'ye yükseldi. Başlangıca göre düzeltilmiş fark 1,74 cm (p=0,027) olarak bildirildi. Yu ve arkadaşlarında (2025) üç pliometrik kolun CMJ ve erişim ölçümlerinde kontrole göre avantajları vardı; zeminler arası üstünlük ise aynı kapsamda değildi. Hernandez-Martinez ve arkadaşları (2023) da CMJ için kontrole üstünlük bildirdi, ancak analizden çıkarılan katılımcılar ve sonuç tablosundaki örneklem çelişkisi bu bulgunun güvenirliğini azalttı.

Sonuçların büyüklüğü ve analiz türü

Mumcu ve arkadaşlarında (2026) video ile ölçülen squat pozisyonundan sıçrama 28,18'den 38,16 cm'ye, kontrolde 28,35'ten 30,12 cm'ye yükseldi; grup×zaman etkileşimi anlamlıydı. Bu büyük değişim, yeni başlayan ve dokuzar kişilik gruplardan geldiğinden deneyimli

voleybolculara ortak beklenen kazanım olarak taşınamaz. Kürkcü Akgönül ve arkadaşlarının (2025) yayımlanmış PDF tablosunda CMJ etkileşimi anlamlıyken dergi sayfasının özeti farklı bir ifade içeriyordu. Rojano Ortega ve arkadaşlarında (2022) her iki grupta da CMJ artmasına rağmen sonuç bölümünde açık bir etkileşim veya gruplar arası sıçrama kestirimi bulunmadı. Muriyedath ve arkadaşlarının (2025) üç kollu etkileşimi de tek başına pliometrik-kontrol karşılaştırmasının kesin p değeri veya güven aralığı değildir.

Sıklık ve egzersiz seçimi

Eşit haftalık hacimle bir veya iki seans uygulayan Hernandez-Martinez ve arkadaşlarında (2023) CMJ artışları yaklaşık %11,94 ve %11,29'du; iki program farkı p=0,999 olarak bildirildi. Bu bir eşdeğerlik denemesi değildir. Zhao ve Lu (2024), DJ aralıklı antrenmanında koşu aralıklarına göre daha fazla SJ ve CMJ gelişimi bildirdi; yöntem ve tablo örneklemleri uyuşmadığı için güven aralığı ve kesin analiz sayısı üzerinden ek çıkarım yapılmadı. Eşleştirilmiş fakat randomize olmayan Ruffieux ve arkadaşlarında (2020) CMJ ağırlıklı programın dört test genelindeki ortalama gelişimi DJ ağırlıklı programdan daha yüksekti. Bu ortalama, tek başına CMJ'ye ait bir etki değildir.

Zemin ve bireyselleştirilmiş düşüş yüksekliği

Ahmadi ve arkadaşlarında (2021) DJ yüksekliği etkileşimi sert zemin lehineydi (p=0,035); CMJ ve smaç yüksekliği için aynı üstünlük gösterilmedi. Yu ve arkadaşlarında (2025) su ve kum CMJ bakımından salon zemininden avantajlıydı; smaç ve blokta pliometrik zeminler arasında ek üstünlük bulunmadı. Sotiropoulos ve arkadaşlarında (2023), ortak ağırlık programına eklenen optimal veya %25 daha yüksek kutudan DJ, CMJ bakımından yalnız ağırlık ve daha düşük kutu uygulamasından üstün bildirildi; yüksek kutunun optimal kutudan üstünlüğü gösterilmedi. Hammami ve arkadaşlarının (2024) bireyselleştirme bulguları ise hem örneklem hem test kutusu yüksekliği çelişkileriyle sınırlıydı.

Dış yük ve voleybola özgü uygulamalar

Bao ve arkadaşlarında (2026) yelek ve elastik bant kolları bazı değişim analizlerinde yüksüz pliometrik koldan avantajlıydı; yelek-bant CMJ karşılaştırması anlamlı değildi (p=0,547). Arman ve Kaplan (2024) %5 ve %10 yelek grupları arasında dikey sıçrama farkı göstermedi (p=0,395). Iranpour ve arkadaşlarında (2025) standart programa göre posttest üstünlüğü yalnız birleşik hız ve ağırlık yükü kolunda doğrulandı; yalnız hız veya yalnız ağırlık kolundaki grup içi artışlar üstünlük kanıtı sayılmadı. Soltani ve arkadaşlarının (2026) dengesiz yük karşılaştırması dış yük ile dengesizliği birlikte değiştirdiği için, farklar yalnız dengesizliğe

bağlanamaz. Esposito ve arkadaşlarında (2024) topla uygulama kol salınımlı CMJ'yi etkilerken SJ için farklı sonuç verdi.

Anlamlı olmayan ve belirsiz karşılaştırmalar

Noopayan ve arkadaşlarında (2026) öne-arkaya ağırlıklı sıçrama kolunda artış yalnız 0,27 cm idi; yanal yükleme kolu kontrolün üzerinde anlamlı üstünlük göstermedi. Ölçüm tanımı ayrıntılı olmadığından bu sonuç sıradan CMJ ile eş tutulmadı. Alim ve arkadaşlarında (2024) iki aktif program için yalnız grup içi testler karşılaştırmalı üstünlüğü doğrulamıyordu. Açak ve arkadaşlarının (2025) Air Alert çalışmasındaki F değerinin hangi etkiye ait olduğu açık değildi. Sezer ve arkadaşlarında (2026) dikey sıçramanın birimi ve etkileşimin anlamlılığı şekil ile metin arasında çelişiyordu; bu çalışmadan kesin bir etki yönü ya da büyüklüğü çıkarılmadı.

Randomize olmayan kanıt ve yöntemsel güven

Donoso ve arkadaşlarında (2026) önceden oluşmuş gruplarda CMJ ve kol salınımlı sıçrama gelişimleri farklılaşırken SJ üstünlüğü gösterilmedi (p=0,263). Müdahale grubundaki kayıplar ve başlangıç CMJ farkı karıştırma olasılığını artırdı. Okuyucu ve arkadaşları (2025) ile Mamajonov ve arkadaşlarında (2026) de atama başlangıç özellikleri veya antrenmanı tamamlama kapasitesiyle ilişkiliydi. Bu bulgular randomize kanıtın yerine kullanılmadı. Yanlılık incelemesinde atama gizliliği ve önceden belirlenmiş analiz planı çoğu raporda açıklanmamıştı. Hernandez-Martinez'de devam koşuluna bağlı analiz dışı bırakma; Sezer'de sonuç ölçümü ve raporlaması belirgin sorun oluşturdu. Diğer yayınlarda da belirsizlik alanları vardı; bu değerlendirme tüm çalışmaların resmî bir araçla yüksek riskli olduğu anlamına gelmez.

TARTIŞMA

Bu derleme, pliometrik antrenmanın voleybolcularda bazı sıçrama görevlerini geliştirebildiğini; buna karşılık programlar arasındaki üstünlük sorusunun ölçüme ve karşılaştırıcıya bağlı olduğunu göstermektedir. Kontrol grubu bulunan bir çalışmanın sonucu ile iki aktif programın birlikte gelişmesi aynı nedensel soruyu yanıtlamaz. Olağan voleybol çalışması, test öğrenmesi ve ergenlikte büyüme de önce-sonra değişimine katkı verebilir.

Programlama açısından en sağlam çıkarım, bir uygulamanın bütün seçeneklere üstünlüğünü ilan etmekten çok hedef görevle ilişki kurmaktır. DJ temas süresi ve yüksekliği, kol salınımsız CMJ ve smaç erişimi farklı özellikleri içerir. Su veya kumda elde edilen bir avantajın başka zeminde, farklı testte ya da maçtaki hücum etkinliğinde sürmesi ayrıca sınanmalıdır. Laboratuvar veya saha testindeki artış, başarılı blok ya da sayı kazandıran smaç oranını doğrudan ölçmez.

Anlamlı olmayan fark, eşit yarar veya eşit güvenlik kanıtı değildir. Özellikle altı-sekiz kişilik kollarla yapılan program karşılaştırmaları anlamlı fark göstermediğinde geniş belirsizlik bulunabilir. Buna karşılık küçük p değeri de tek başına pratik önem göstermez; 0,27 cm'lik değişim ile daha büyük bir test değişimi aynı antrenörlük anlamını taşımayabilir. Etki büyüklüklerinin grup içi mi gruplar arası mı hesaplandığı belirtilmeden büyüklük sıralaması yapılmamalıdır.

Randomize olmayan araştırmalarda gözlenen daha büyük değişimler, başlangıç düzeyi, seçilim ve biyolojik olgunlaşmadan etkilenebilir. Bu nedenle farklı makalelerde kadın ve erkek grupların yüzdelerini yan yana koyarak cinsiyet yanıtı hakkında karar vermek uygun değildir. Yaş ve deneyim düzeyi de çalışmadan çalışmaya değişmektedir. Mevcut verilerden bireysel bir sporcu için güvenilir kazanım tahmini veya herkes için ortak bir temas sayısı reçetesi üretilemez.

Güvenlik değerlendirmesi performans sonuçlarından ayrı tutulmalıdır. Bazı raporlar yaralanma olmadığını bildirirken Donoso ve arkadaşlarında (2026) kayıp nedenleri arasında iki yaralanma vardı; bunların müdahaleye nedensel olarak bağlandığı gösterilmedi. Küçük örneklem, kısa izlem ve standart advers olay kaydının sınırlılığı nedeniyle sıçrama yüksekliğindeki gelişme, programın her sporcu için güvenli olduğunu kanıtlamaz.

Derlemenin temel sınırlılıkları iki veri tabanı, ön kayıt bulunmaması, kapsamın ön tarama sonrasında daraltılması ve dört raporun tam metnine erişilememesidir. Bağımsız çift insan taraması ve resmî RoB 2/ROBINS-I algoritmalarının tamamlanmaması da seçim ve değerlendirme hatası olasılığını artırır. Yapay zekâ ile yapılan çapraz kaynak kontrolü bu eksikliğin eşdeğeri değildir. Kaynakların örneklem, ölçüm ve analiz raporlamasındaki sorunları nicel birleştirmeden önce yazar açıklaması veya bireysel verilerle çözmek gerekir. Meta-analiz yapılmaması bu sorunları gidermez; yalnızca tek bir sayının yanıltıcı kesinlik yaratmasını sınırlar.

SONUÇ

Voleybolcularda en az dört haftalık pliometrik antrenman, belirli sıçrama testlerinde olağan antrenmana göre ek gelişme sağlayabilir. Bununla birlikte zemin, dış yük, seans sıklığı ve egzersiz türü için tek bir üstün program belirlenememektedir. Genel sıçrama, smaç ve blok sonuçları ayrı değerlendirilmeli; grup içi gelişim karşılaştırmalı etkiyle karıştırılmamalıdır. Bulgular, araştırmaların yöntem ve raporlama sorunları ile bu derlemenin seçim ve erişim sınırlılıkları dikkate alınarak kullanılmalıdır.

KAYNAKÇA

Ahmadi, M., Nobari, H., Ramirez-Campillo, R., Pérez-Gómez, J., Ribeiro, A. L. A., & Martínez-Rodríguez, A. (2021). Effects of plyometric jump training in sand or rigid surface on jump-related biomechanical variables and physical fitness in female volleyball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(24), 13093. https://doi.org/10.3390/ijerph182413093

Alim, A., Rismayanthi, C., Salam, N. A., & Miftachurochmah, Y. (2024). The effect of knee tuck jump and jump-to-box plyometric training on female students' leg muscle strength and flexibility in volleyball extracurricular activity. *Physical Education Theory and Methodology, 24*(1), 79–86. https://doi.org/10.17309/tmfv.2024.1.10

Arman, N., & Kaplan, Ş. (2024). Effects of effect of plyometric trainings done with vests of different weights on the vertical jump height of women volleyball players: Experimental research. *Turkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences, 16*(2), 162–169. https://doi.org/10.5336/sportsci.2024-102142

Atıcı, M., & Bayrakdar, A. (2025). Effects of plyometric and agility-based training on physical performance in adolescent male volleyball players: A controlled experimental study. *Pedagogy of Physical Culture and Sports, 29*(4), 297–307. https://doi.org/10.15561/26649837.2025.0407

Açak, M., Şanal, A., Altunhan, A., & Açak, M. Z. (2025). Investigation of the effects of Air Alert III exercises on some physical parameters in midi girls volleyball players. *Research in Sport Education and Sciences, 27*(1), 54–60. https://doi.org/10.62425/rses.1550434

Bao, Y., Qiao, Y., & Yang, S. (2026). Effects of weighted vests versus elastic bands plyometric jump training on lower-body physical performance adaptations in volleyball players. *Frontiers in Physiology, 17*, 1756391. https://doi.org/10.3389/fphys.2026.1756391

Campbell, M., McKenzie, J. E., Sowden, A., Katikireddi, S. V., Brennan, S. E., Ellis, S., Hartmann-Boyce, J., Ryan, R., Shepperd, S., Thomas, J., Welch, V., & Thomson, H. (2020). Synthesis without meta-analysis (SWiM) in systematic reviews: Reporting guideline. *BMJ, 368*, l6890. https://doi.org/10.1136/bmj.l6890

Donoso, B., Aravena, B., Yurisch, B., Azócar-Gallardo, J., Escobar, N., & Garcia-Carrillo, E. (2026). Effects of a 5-week plyometric training intervention on vertical jump height in young female volleyball players aged 12 to 18 years. *Slobozhanskyi Herald of Science and Sport, 30*(2), 165–171. https://doi.org/10.15391/snsv.2026-2.07

Esposito, G., Altavilla, G., Giardullo, G., Ceruso, R., & D'Isanto, T. (2024). The effects of the use of plyometric exercises with and without the ball in the development of explosive strength in volleyball. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 9*(3), 126. https://doi.org/10.3390/jfmk9030126

Guimarães, M. P., Silva, R. D. O., Dos Santos, I. A., Da Silva, G. P., Campos, Y. A. C., Da Silva, S. F., & De Azevedo, P. H. S. M. (2023). Effect of 4 weeks of plyometric training in the pre-competitive period on volleyball athletes' performance. *Biology of Sport, 40*(1), 193–200. https://doi.org/10.5114/biolsport.2023.112971

Hammami, R., Ayed, K. B., Negra, Y., Ramirez-Campillo, R., Duncan, M., Rebai, H., & Granacher, U. (2024). Effects of drop jump training on physical fitness in highly trained young male volleyball players: Comparing maximal rebound height and standard drop height training. *Sports, 12*(12), 336. https://doi.org/10.3390/sports12120336

Hernandez-Martinez, J., Guzman-Muñoz, E., Ramirez-Campillo, R., Herrera-Valenzuela, T., Magnani Branco, B. H., Avila-Valencia, S., Luis Carter-Beltran, J., Aravena-Sagardia, P., Méndez-Cornejo, J., & Valdés-Badilla, P. (2023). Effects of different plyometric training frequencies on physical performance in youth male volleyball players: A randomized trial. *Frontiers in Physiology, 14*, 1270512. https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1270512

Iranpour, A. R., Hemmatinafar, M., Nemati, J., Salesi, M., Esmaeili, H., & Imanian, B. (2025). The effects of plyometric training with speed and weight overloads on volleyball players' strength, power, and jumping performance. *PLOS ONE, 20*(2), e0316477. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316477

Kürkcü Akgönül, E., Gökkaya, M., & Yıldız, O. (2025). The effect of plyometric training on physical performance in sub-elite volleyball players. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 23*(2), 158–173. https://doi.org/10.33689/spormetre.1542020

Mamajonov, D., Tukhtaboeva, N., & Izatulayev, A. (2026). Effects of plyometric training on jump biomechanics, explosive strength, and jump endurance in adolescent volleyball players aged 13–14 years. *Physiologia, 6*(2), 34. https://doi.org/10.3390/physiologia6020034

Mumcu, N., Çınar, F., & Orgun, M. C. (2026). Adölesan dönem voleybol sporcularında pliometrik antrenmanın temel motorik özelliklere etkisi. *Sportif Bakış: Spor ve Eğitim Bilimleri Dergisi, 13*(1), 113–128. https://doi.org/10.70736/spjses.335

Muriyedath, A., Elayaraja, M., Salvi, N. M., Boby, F. A., Orhan, B. E., Astuti, Y., & Govindasamy, K. (2025). Applying a 12-week TRX suspension and plyometric training program: Effects on biomotor abilities and physiological adaptations in volleyball players. *Physical Education Theory and Methodology, 25*(1), 22–31. https://doi.org/10.17309/tmfv.2025.1.03

Noopayan, P., Sukdee, N., & Suksuwan, C. (2026). Comparison of weighted jump training in different directions on leg muscle power in female youth aged 14–16 years. *Journal of Exercise Physiology Online, 29*(5), 149–159. https://www.asep.org/application/files/6017/9096/3191/JEPonlineOCTOBER2026.pdf

Okuyucu, S., Tozoğlu, E., & Ozan, M. (2025). 14-18 yaş voleybolcularda 8 haftalık pliometrik antrenmanların fiziksel parametreler üzerindeki etkisinin incelenmesi / ınvestigation of the effect of 8 weeks plyometric trainings on physical parameters in 14-18 years old volleyball players. *Anatolia Sport Research, 6*(6), 123–135. https://doi.org/10.29228/anatoliasr.92

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Ramirez-Campillo, R., García-de-Alcaraz, A., Chaabene, H., Moran, J., Negra, Y., & Granacher, U. (2021). Effects of plyometric jump training on physical fitness in amateur and professional volleyball: A meta-analysis. *Frontiers in Physiology, 12*, 636140. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.636140

Rojano Ortega, D., Berral-Aguilar, A. J., & Berral de la Rosa, F. J. (2022). Kinetics and vertical stiffness of female volleyball players: Effect of low-intensity plyometric training. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 93*(4), 734–740. https://doi.org/10.1080/02701367.2021.1915946

Ruffieux, J., Wälchli, M., Kim, K. M., & Taube, W. (2020). Countermovement jump training is more effective than drop jump training in enhancing jump height in non-professional female volleyball players. *Frontiers in Physiology, 11*, 231. https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00231

Sezer, B. S., Hepsert, S., Genç, H., Ceviz, E., & Bulut, Ö. F. (2026). The effect of 6 weeks of plyometric training on strength, balance, and cognitive performance in adolescent female volleyball players. *Eurasian Journal of Sport Sciences and Education, 8*(2), 403–412. https://doi.org/10.47778/ejsse.158

Soltani, P., Ramirez-Campillo, R., Fashi, M., Saeterbakken, A. H., Ebrahim, K., Mayhew, J. L., & Prieske, O. (2026). Plyometric-jump training with versus without unstable load to improve physical fitness in trained young volleyball players: A randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* Advance online publication. https://doi.org/10.1186/s13102-026-02011-1

Sotiropoulos, K., Smilios, I., Barzouka, K., Christou, M., Bogdanis, G., Douda, H., & Tokmakidis, S. P. (2023). Effects of drop jump training from different heights and weight training on vertical jump and maximum strength performance in female volleyball players. *Journal of Strength & Conditioning Research, 37*(2), 423–431. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004272

Sterne, J. A. C., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G., Blencowe, N. S., Boutron, I., Cates, C. J., Cheng, H. Y., Corbett, M. S., Eldridge, S. M., Emberson, J. R., Hernán, M. A., Hopewell, S., Hróbjartsson, A., Junqueira, D. R., Jüni, P., Kirkham, J. J., Lasserson, T., Li, T., … Higgins, J. P. T. (2019). RoB 2: A revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ, 366*, l4898. https://doi.org/10.1136/bmj.l4898

Thattarauthodiyil, U., & Shenoy, B. (2022). Combined and comparative effects of plyometrics and dynamic stretching on vertical jump in volleyball players. *Turkish Journal of Sports Medicine, 57*(1), 3–8. https://doi.org/10.47447/tjsm.483

Valunpion, A., & Rangubhet, K. R. (2025). Vertical jump performance gains from plyometric and Air Alert training in volleyball. *Frontiers in Sports and Active Living, 7*, 1735291. https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1735291

Yu, L., Chen, L., & Guo, H. (2025). The influence of training surface on the effectiveness of plyometric training on physical fitness attributes of volleyball players. *Scientific Reports, 15*(1), 1073. https://doi.org/10.1038/s41598-024-84243-0

Zhao, X., & Lu, M. (2024). The impact of running-based and drop jumping interval interventions on cardiorespiratory fitness and anaerobic power of collegiate volleyball players: A comparative analysis of inter-individual variability in the adaptive responses. *Journal of Sports Science and Medicine, 23*(4), 863–871. https://doi.org/10.52082/jssm.2024.863

Zhu, M., & Cui, Z. (2024). Chronobiological insights in plyometric jump training: Optimizing sport-performance adaptations for volleyball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 19*(10), 1087–1096. https://doi.org/10.1123/ijspp.2024-0160

EK TAM METİN DEĞERLENDİRME KAYITLARI

Tablo 3 Dışlanan tam metinler ve ana gerekçeler

Rapor	Ana dışlama gerekçesi
Kettlebell Training vs. Plyometric Training: A Comparison of Jump Performance in Volleyball and Basketball Athletes. https://doi.org/10.3390/jfmk10040395	Karışık spor; voleybol sonuçları ayrı değil.
The effect of plyometric training and moderating variables on stretch-shortening cycle function and physical qualities in female post peak height velocity volleyball players. https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1346624	Eşzamanlı karşılaştırıcı yok.
The Effect of Aquatic Plyometric Training on Jump Performance Including a Four-week Follow-up in Youth Female Volleyball Players. https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0058	Eşzamanlı karşılaştırıcı yok.
The Effect of Plyometric Training Methods on Athlete Smash Ability Volleyball for Physical Education Students at Insan Budi Utomo University Malang. https://doi.org/10.53863/mor.v6i1.2106	Uygun sıçrama sonucu yok; bağımsız kontrol doğrulanmadı.
The contribution of plyometric exercises assisted by sensory technology on vertical jump parameters in U15 female volleyball players. https://doi.org/10.15561/26649837.2024.0210	Çok bileşenli teknoloji paketi; PJT ayrıştırılamıyor.
Effects of Plyometric Training on Sonographic Characteristics of Quadriceps Muscle and Patellar Tendon, Quadriceps Strength, and Jump Height in Adolescent Female Volleyball Players. https://doi.org/10.1123/ijatt.2021-0100	Tek kohort; eşzamanlı kontrol yok.
Effects of eccentric- and concentric-based plyometric programmes on strength, speed and tensiomyography parameters of female athletes. https://doi.org/10.5114/biolsport.2026.152343	Karışık spor; voleybol sonuçları ayrı değil.
The effect of a 4-week plyometric training exercise on specific physical fitness components in U21 novice volleyball players. https://doi.org/10.15561/26649837.2025.0202	Yükseklik/mesafe olarak tanımlanmış sıçrama sonucu yok.
DEVELOPMENT OF RESISTANCE IN THE VERTICAL JUMP REGIME, SPECIFIC TO VOLLEYBALL AT THE JUNIOR LEVEL. https://research.ebsco.com/plink/b55f2f7a-abe0-3fda-b2ff-9fb03506c37b	Tek kohort; üç tekrar ölçüm kontrol kolu değil.
EFFECT OF 8 WEEKS OF COMBINED PLYOMETRIC TRAINING ON INCREASING LOWER AND UPPER BODY MUSCLE POWER IN STUDENT VOLLEYBALL ATHLETES. https://doi.org/10.17309/tmfv.2023.3.03	Yalnız güç (W); sıçrama yüksekliği/mesafesi yok.
Efecto de ejercicios pliométricos modificados en voleibol categoría 13-15 años masculino. https://doi.org/10.47197/retos.v48.94226	Program bileşenleri ve eşlik eden antrenman ayrıştırılamıyor.
THE EFFECT OF PLYOMETRICS EXERCISE THROUGH AGILITY LADDER DRILL ON IMPROVING PHYSICAL ABILITIES OF 13-15-YEAR-OLD VOLLEYBALL PLAYERS. https://doi.org/10.17309/tmfv.2023.2.07	Karma merdiven/sıçrama programı; karşılaştırıcı belirsiz.
THE EFFECT OF PLYOMETRIC TRAINING ON THE PHYSICAL READINESS OF FEMALE VOLLEYBALL PLAYERS. https://doi.org/10.51558/1840-4561.2022.19.1.5	En az dört hafta sürdüğü doğrulanamadı.
THE EFFICIENCY OF GENERAL PHYSICAL TRAINING IN TRAINING YOUNG VOLLEYBALL PLAYERS (14 - 16 YEARS). https://research.ebsco.com/plink/b21eded5-6329-3540-85b1-c4e8fbef01b2	Kesitsel test karşılaştırması; kontrollü müdahale yok.

Rapor	Ana dışlama gerekçesi
Efecto del entrenamiento pliométrico en la fuerza explosiva de niñas puberes practicantes de voleibol. https://doi.org/10.47197/retos.v1i40.77666	2017 kohortuyla örtüşen rapor; bağımsız yeni çalışma değil.
Incidencia de un Programa Pliométrico de 16 Sesiones en la Fuerza Reactiva de Miembros Inferiores de Voleibolistas Juveniles Rama Masculina. https://research.ebsco.com/plink/f391ec32-eb97-31bc-b1f7-39d2328059f4	Tek kohort; eşzamanlı kontrol yok.
Influencia de la capacidad física de velocidad en la potencia de salto del voleibol escolar . https://research.ebsco.com/plink/a5cc2a58-369d-35d5-9c3e-be9304de23c6	Ortak PJT üzerine yalnız ek sürat yükü karşılaştırması.
EFFECTS OF DEEP JUMPING ON EXPLOSIVE STRENGTH IN THE LOWER LIMBS OF ATHLETES. https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0573	Yalnız zaman değişkenleri; sıçrama yüksekliği/mesafesi yok.

Tablo 4 Tam metnine erişilemeyen raporlar

Rapor	Erişim durumu
Motor Imagery and Action Observation-Based Plyometric Training as a Potential Alternative to Traditional Methods in Female Volleyball Players: A Randomized Controlled Trial. https://doi.org/10.1177/19417381261438752	Yayınevi erişimi kısıtlı; açık arşivde tam metin 7 Mayıs 2027 tarihinde açılacak.
Interindividual Variability in Physical Performance Adaptations to Depth Jump Training in Volleyball Players: A Study of Individualized Versus Traditional Training Approaches. https://doi.org/10.1123/ijspp.2025-0319	Yayınevi ve kurumsal kaynaklardan tam metin elde edilemedi.
Effects of different training strategies with a weight vest on countermovement vertical jump and change-of-direction ability in male volleyball athletes. https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.11171-X	Yayınevi ve kurumsal kaynaklardan tam metin elde edilemedi.
The Effect of Pliometric Training Knee Tuck Jump and Jump To Box on the Jump Height of Volleyball Athletes https://journal.unnes.ac.id/journals/jpes/article/view/7217	Yayınevi PDF erişimi kısıtlı; süre ve tasarım tam metinden doğrulanamadı.

DİYABETİ OLAN BİREYLERDE NÖROPATİK SEMPTOMLARIN DEMOGRAFİK VE METABOLİK BELIRLEYICILERININ İNCELENMESI

Dr. Öğr. Üyesi Duygu AKTAR REYHANİOĞLU
Fenerbahçe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon
ORCID ID: 0000-0001-6633-8440

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, diyabetli bireylerde nöropatik semptomlar ile demografik özellikler ve metabolik parametreler arasındaki ilişkiyi incelemek ve bu değişkenlerin nöropatik semptomları açıklama gücünü belirlemektir. Araştırmaya 90 katılımcı dahil edildi (Kadın: 56; Erkek : 34) Çalışmada diyabetli bireylerin nöropatik semptomları Michigan Nöropati Tarama Enstrümanı (MNSI) toplam puanı ile değerlendirildi. Yaş, boy, vücut ağırlığı ve cinsiyet demografik değişkenler; açlık kan şekeri, diyabet süresi ve HbA1c düzeyi ise metabolik değişkenler olarak ele alındı. Bu değişkenlerin MNSI toplam puanını yordama gücü, iki ayrı çoklu doğrusal regresyon modeliyle incelendi. Regresyon katsayılarının sağlamlığı 1.000 tekrarlı bootstrap analiziyle değerlendirildi. Demografik değişkenleri içeren regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($F(4,85)=1,81$; $p=0,134$; $R^2=0,08$). Benzer şekilde metabolik değişkenleri içeren model de anlamlı değildi ($F(3,87)=1,81$; $p=0,151$; $R^2=0,06$). Bununla birlikte, açlık kan şekeri ile MNSI toplam puanı arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki saptandı ($\beta=0,26$; $p=0,041$). Ancak bootstrap analizinde güven aralığının sıfırı içermesi (%95 GA: -0,001–0,02), bu ilişkinin istatistiksel sağlamlığını desteklemedi. Demografik ve metabolik değişkenlerin nöropatik semptomlardaki varyansın yalnızca %6–8'ini açıkladığı belirlendi. Açlık kan şekeri ile gözlenen pozitif ilişkinin bootstrap analiziyle doğrulanmaması, bulgunun dikkatle yorumlanmasını gerektirmektedir. Sonuçlar, diyabetli bireylerde nöropatik semptomların açıklanmasında rutin demografik ve metabolik göstergelerin ötesinde klinik faktörlerin araştırılması gerektiğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Diyabet, Nöropatik Semptomlar, Michigan Nöropati Tarama Enstrümanı, Glisemik Kontrol

INVESTIGATION OF DEMOGRAPHIC AND METABOLIC PREDICTORS OF NEUROPATHIC SYMPTOMS IN INDIVIDUALS WITH DIABETES

ABSTRACT

This study aimed to investigate the associations between neuropathic symptoms and demographic characteristics and metabolic parameters in individuals with diabetes and to determine the extent to which these variables explain the variability in neuropathic symptoms.A total of 90 individuals with diabetes (56 women and 34 men) were included in the study. Neuropathic symptoms were assessed using the Michigan Neuropathy Screening Instrument

(MNSI) total score. Age, height, body weight, and sex were considered demographic variables, whereas fasting blood glucose, diabetes duration, and glycated hemoglobin (HbA1c) levels were evaluated as metabolic variables. Two separate multiple linear regression models were performed to assess the predictive value of these variables for MNSI total scores. The robustness of the regression coefficients was evaluated using bootstrap analysis with 1,000 resamples. The regression model including demographic variables was not statistically significant ($F(4,85) = 1.81$, $p = 0.134$, $R^2 = 0.08$). Similarly, the model incorporating metabolic variables was not significant ($F(3,87) = 1.81$, $p = 0.151$, $R^2 = 0.06$). However, fasting blood glucose was positively associated with MNSI total scores ($\beta = 0.26$, $p = 0.041$). Nevertheless, the bootstrap confidence interval included zero (95% CI: −0.001 to 0.02), indicating that this association was not robust.Demographic and metabolic variables explained only 6–8% of the variance in neuropathic symptoms. Although a positive association was observed between fasting blood glucose and neuropathic symptoms, this finding was not supported by bootstrap analysis and should be interpreted with caution. These findings suggest that additional clinical factors beyond routine demographic and metabolic indicators should be investigated to better understand neuropathic symptoms in individuals with diabetes.

Keywords: Diabetes Mellitus, Neuropathic Symptoms, Michigan Neuropathy Screening Instrument, Glycemic Control

SPORCULARDA FARKINDALIK (MINDFULNESS) TEMELLİ MÜDAHALELER: PERFORMANS VE İYİ OLUŞ ÜZERİNE ETKİLERİ

Doç. Dr. Serdar Solmaz
Batman Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Batman, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-4678-9604
Dr. Öğr. Üyesi Berzan Şimşek
Batman Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Batman, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-2264-538X

ÖZET

Farkındalık (mindfulness) temelli müdahaleler, sporcunun o anki deneyimine yargılamadan ve kabullenici bir tutumla dikkat yöneltmesini hedefleyen ve son on yılda spor psikolojisinde giderek yaygınlaşan yaklaşımlardır. Bu anlatı derlemesinin amacı, farkındalık temelli müdahalelerin sporcularda performans ile kaygı, stres, tükenmişlik ve iyi oluş göstergeleri üzerindeki etkilerine ilişkin güncel kanıtları bir araya getirmektir. PubMed ve Crossref veri tabanlarında 2015-2025 yılları arasında yayımlanmış meta-analiz, sistematik derleme ve randomize kontrollü çalışmalar taranmış, kavramsal çerçeve için sınırlı sayıda klasik kaynak eklenmiş ve toplam 30 kaynak incelenmiştir. Bulgular; Farkındalık-Kabul-Bağlılık (MAC), Farkındalık Temelli Sportif Performans Geliştirme (MSPE), Farkındalık Temelli Stres Azaltma (MBSR) uyarlamaları ve Kabul ve Kararlılık (ACT) yaklaşımlarının sporcularda farkındalık düzeyini ve akış deneyimini tutarlı biçimde artırdığını göstermektedir. Elit sporcularda kaygı ve stresin azaldığı, psikolojik iyi oluşun arttığı bildirilmekle birlikte öznel iyi oluşa ilişkin sonuçlar tutarsızdır. Performans üzerindeki olumlu etkiler özellikle isabet gerektiren sporlarda belirgindir; ancak randomize olmayan çalışmalar ve öznel ölçümler analiz dışı bırakıldığında bu etkiler anlamlılığını yitirebilmektedir. Tükenmişliğe ilişkin kanıtlar umut verici olmakla birlikte az sayıda müdahale çalışmasına dayanmaktadır. Derlemelerin önemli bir kısmının düşük yöntemsel kalitesi, küçük örneklemler ve yüksek heterojenlik başlıca sınırlılıklardır. Sonuç olarak farkındalık temelli müdahaleler, sporcuların ruh sağlığını ve performansla ilişkili psikolojik süreçlerini desteklemek için tamamlayıcı bir seçenek olarak önerilebilir; performansa yönelik nedensel etkinin doğrulanması için nesnel performans ölçütleri kullanan yüksek kaliteli randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Farkındalık, kabul ve kararlılık, sportif performans, tükenmişlik, iyi oluş

MINDFULNESS-BASED INTERVENTIONS IN ATHLETES: EFFECTS ON PERFORMANCE AND WELL-BEING

ABSTRACT

Mindfulness-based interventions, which aim to help athletes attend to present-moment experience in a non-judgemental and accepting manner, have become increasingly common in sport psychology over the last decade. The purpose of this narrative review was to synthesise

current evidence on the effects of mindfulness-based interventions on performance and on anxiety, stress, burnout and well-being in athletes. Meta-analyses, systematic reviews and randomised controlled trials published between 2015 and 2025 were searched in PubMed and Crossref, a limited number of classic sources were added for the conceptual framework, and 30 sources were reviewed in total. The findings indicate that the Mindfulness-Acceptance-Commitment (MAC) approach, Mindful Sport Performance Enhancement (MSPE), adaptations of Mindfulness-Based Stress Reduction (MBSR) and Acceptance and Commitment Training (ACT) consistently increase mindfulness and flow in athletes. Reductions in anxiety and stress and increases in psychological well-being have been reported in elite athletes, whereas results for subjective well-being are inconsistent. Positive effects on performance are most evident in precision sports; however, these effects may lose statistical significance when non-randomised trials and subjective outcomes are excluded. Evidence on burnout is promising but rests on a small number of intervention studies. The low methodological quality of many reviews, small samples and high heterogeneity are the main limitations. In conclusion, mindfulness-based interventions can be recommended as a complementary option for supporting athletes' mental health and performance-related psychological processes, while high-quality randomised controlled trials using objective performance outcomes are needed to confirm a causal effect on performance.

Keywords: Mindfulness, acceptance and commitment, athletic performance, burnout, well-being

1. GİRİŞ

Yüksek düzeyde rekabet, sporcuların yalnızca fiziksel ve teknik açıdan değil, zihinsel açıdan da hazırlıklı olmasını gerektirmektedir. Yarışma öncesinde ve sırasında ortaya çıkan kaygı, olumsuz düşünceler ve dikkat dağınıklığı, sporcunun antrenmanda kazandığı becerileri yarışmaya aktarmasını güçleştirebilmektedir. Uygulamalı spor psikolojisi uzun süre boyunca bilişsel-davranışçı ilkelere dayanan psikolojik beceri antrenmanından yararlanmış ve sporculara düşünce ile duygularını kontrol etmeyi öğretmeyi amaçlamıştır. Buna karşılık farkındalık temelli yaklaşımlar, iç yaşantıların değiştirilmesi ya da bastırılması yerine yargısız biçimde kabul edilmesini öne çıkaran farklı bir bakış açısı sunmaktadır (Sappington & Longshore, 2015).

Spor alanında farkındalık temelli uygulamalara yönelik ilgi, kuramsal öneriler ve ilk program geliştirme çalışmalarıyla başlamış (Gardner & Moore, 2004; Kaufman vd., 2009), son on yılda ise randomize kontrollü çalışmaların ve meta-analizlerin hızla artmasıyla belirgin bir

araştırma alanına dönüşmüştür. Güncel sentezler, bu müdahalelerin farkındalık düzeyi, akış deneyimi ve ruh sağlığı göstergeleri üzerinde olumlu etkiler bildirdiğini ortaya koymaktadır (Myall vd., 2023; Zhang vd., 2025). Bununla birlikte, nesnel performans çıktıları üzerindeki etkinin ne ölçüde sağlam olduğu ve mevcut kanıtların yöntemsel niteliği tartışılmaya devam etmektedir (Reinebo vd., 2024; Xie vd., 2025).

Türkçe alanyazında sporcularda farkındalık temelli müdahaleleri performans ve iyi oluş boyutlarını birlikte ele alarak değerlendiren güncel bir sentezin sınırlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu derlemenin amacı, farkındalık kavramını ve sporda kuramsal temelini özetlemek, spor bağlamında kullanılan başlıca müdahale modellerini tanıtmak, bu müdahalelerin performans ile kaygı, stres, tükenmişlik ve iyi oluş üzerindeki etkilerine ilişkin kanıtları değerlendirmek, yöntemsel sınırlılıkları tartışmak ve uygulayıcılar için öneriler geliştirmektir. İmgeleme, kendi kendine konuşma ve hedef belirleme gibi geleneksel psikolojik beceriler bu derlemenin kapsamı dışında tutulmuş, yalnızca farkındalık temelli müdahalelerle karşılaştırıldıkları ölçüde ele alınmıştır.

2. YÖNTEM

Çalışmada anlatı (geleneksel) derleme yaklaşımı benimsenmiş, raporlamada anlatı derlemelerinin niteliğini değerlendirmeye yönelik SANRA ölçütleri (Baethge vd., 2019) gözetilmiştir. Literatür taraması PubMed ve Crossref veri tabanlarında yürütülmüş, son tarama 13 Ekim 2026 tarihinde yapılmıştır. Aramada “mindfulness”, “acceptance and commitment”, “mindfulness-acceptance-commitment”, “mindful sport performance enhancement”, “athlete*”, “sport*”, “burnout”, “flow” ve “performance” anahtar sözcükleri başlık ve özet alanında Boole operatörleriyle birleştirilmiş; yayın türü olarak meta-analiz, sistematik derleme ve randomize kontrollü çalışma filtreleri kullanılmıştır. Tarih aralığı 2015-2025 olarak belirlenmiştir.

Dahil etme ölçütleri şunlardır: (a) örneklemin sporculardan oluşması, (b) farkındalık ya da kabul temelli bir müdahalenin incelenmesi veya sentezlenmesi, (c) performans, performansla ilişkili psikolojik değişkenler ya da ruh sağlığı ve iyi oluş göstergelerinin raporlanması ve (d) hakemli bir dergide İngilizce yayımlanmış olması. Geri çekilmiş yayınlar, yalnızca protokol niteliğindeki çalışmalar ve sporcu olmayan örneklemler dışlanmıştır. Kaynak seçimi, sistematik derlemelerdeki gibi tüm kayıtların ölçüt temelli elenmesiyle değil, meta-analiz ve sistematik derlemelere öncelik veren amaçlı bir yaklaşımla yapılmış; öne çıkan randomize kontrollü çalışmalar ile kavramsal çerçeve için dört klasik kaynak eklenmiştir. Taranan 106 kayıttan başlık ve özet incelemesi sonucunda 23 kayıt seçilmiş, Crossref üzerinden

doğrulanan yedi kaynakla birlikte toplam 30 kaynak değerlendirilmiştir. Bulgular, çalışma özetlerinde raporlanan verilere dayanılarak tematik olarak sentezlenmiştir. Anlatı derlemesi niteliği gereği sistematik bir yanlılık riski değerlendirmesi yapılmamış; kanıtın niteliği, alandaki şemsiye derlemenin AMSTAR-2 bulguları dikkate alınarak yorumlanmıştır. Derlemenin sınırlılıkları olarak SPORTDiscus, Scopus ve Web of Science ile Türkçe veri tabanlarının (TR Dizin, DergiPark) taranmadığı, yalnızca İngilizce yayınların ele alındığı ve kayıtların bağımsız iki değerlendirici tarafından taranmadığı belirtilmelidir.

2.1. FARKINDALIK KAVRAMI VE SPORDA KURAMSAL TEMELİ

Farkındalık, Batı psikolojisinde genellikle o anki deneyime kasıtlı ve yargısız bir dikkatle yönelme biçiminde tanımlanmaktadır. Farkındalık temelli müdahaleler; tarihsel bağlamları, günümüzdeki uygulamaları ve gelecekteki yönelimleriyle birlikte ele alınmış ve klinik psikolojideki yerleri tartışılmıştır (Kabat-Zinn, 2003). Kavramın araştırmalarda ölçülebilir hâle getirilmesi amacıyla ise işlemsel bir tanım önerilmiş ve bu tanım, farkındalığın sonraki ölçüm ve müdahale çalışmalarında yaygın biçimde başvurulan bir çerçeveye dönüşmüştür (Bishop vd., 2004).

Spor bağlamında farkındalığın kuramsal gerekçesi, geleneksel psikolojik beceri antrenmanından ayrışan bir varsayıma dayanmaktadır. Geleneksel yaklaşımlar, en iyi performans için olumsuz düşünce ve duyguların azaltılması ya da kontrol altına alınması gerektiğini varsaymaktadır. Gardner ve Moore'un geliştirdiği Farkındalık-Kabul-Bağlılık (MAC) yaklaşımı ise bu varsayımı sorgulayan kuramsal bir öneri olarak ortaya çıkmıştır (Gardner & Moore, 2004). Bu bakış açısına göre önemli olan iç yaşantıların içeriğini değiştirmek değil, bu yaşantılarla kurulan ilişkiyi dönüştürmek ve dikkati göreve ilişkin ipuçlarına yönlendirebilmektir. Böylece sporcu, kaygı ya da kuşku yaşadığında bile değer verdiği hedeflere yönelik davranışlarını sürdürebilir (Sappington & Longshore, 2015).

Farkındalık ile akış kavramı arasındaki uyum da sporda kuramsal temelin önemli bir parçasıdır. Akış, kişinin etkinliğe tümüyle odaklandığı ve dikkatinin başka uyaranlara kaymadığı en uygun psikolojik durum olarak tanımlanmaktadır. Erken dönem çalışmalar, farkındalık yapısının akış ve doruk performans kuramlarıyla uyumlu olduğunu öne sürmüştür (Kaufman vd., 2009). Güncel meta-analizler de farkındalık eğitiminin akış üzerinde büyük etkiler bildirdiğini göstermektedir (Si vd., 2024). Ayrıca bir randomize kontrollü çalışmada sporcuların farkındalık düzeyindeki değişimin akış deneyimindeki değişimle olumlu yönde ilişkili bulunması, farkındalığın akışı kolaylaştıran bir mekanizma olabileceğine işaret etmektedir (Scott-Hamilton vd., 2016).

2.2. FARKINDALIK TEMELLİ MÜDAHALE MODELLERİ

2.2.1. Farkındalık-Kabul-Bağlılık (MAC) Yaklaşımı

MAC, spora özgü olarak geliştirilen ilk farkındalık ve kabul temelli çerçevelerden biridir ve performans geliştirmeye yönelik kuramsal temeli Gardner ve Moore tarafından ortaya konmuştur (Gardner & Moore, 2004). Yaklaşım; farkındalık becerilerinin kazandırılmasını, rahatsız edici iç yaşantıların kabulünü ve sporcunun değerleriyle uyumlu davranışlara bağlılığını bütünleştirmektedir. Çok branşlı bir sporcu örnekleminde MAC'in spora özgü eğilimsel farkındalık, duygu düzenleme ve öz-değerlendirilmiş performans üzerindeki etkileri randomize kontrollü bir tasarımla sınanmıştır (Josefsson vd., 2019). Basketbol deneyimi olan üniversite öğrencileriyle yürütülen sekiz oturumluk bir denemede MAC protokolünün performansı artırdığı, yaşantısal kaçınmayı ve spor kaygısını azalttığı bildirilmiştir (Dehghani vd., 2018). Genç elit futbolcularla yapılan bir çalışmada ise yedi oturumluk MAC temelli programa katılan oyuncularda sezon boyunca sakatlık sayısının ve sakatlık nedeniyle kaybedilen gün sayısının kontrol grubuna göre daha düşük olduğu saptanmıştır (Naderi vd., 2020).

2.2.2. Farkındalık Temelli Sportif Performans Geliştirme (MSPE)

MSPE, MBSR ve farkındalık temelli bilişsel terapi gibi klinik programlardan uyarlanmış, dört haftalık bir grup programı olarak geliştirilmiştir. İlk değerlendirme çalışmasında okçu ve golfçülerden oluşan bir grupta durumluk akış düzeyinin ilk ve son oturumlar arasında arttığı gözlenmiş ve programın akış, farkındalık ve spor güveninin bazı boyutları için umut verici olduğu belirtilmiştir (Kaufman vd., 2009). MSPE'nin takım sporlarına ilk uygulamalarından birinde amatör beyzbol oyuncularında akış durumunda ve bilişsel kaygıda iyileşmeler raporlanmıştır (Chen vd., 2019). Üniversite sporcularıyla yürütülen randomize olmayan kontrollü bir çalışmada MSPE katılımcılarında depresif belirtilerin ve duygu düzenleme güçlüklerinin azaldığı, izlem döneminde ise farkındalık ve spordan alınan keyfin arttığı bildirilmiştir; aynı çalışmada müdahale sonrası hazır bulunuşluğun uygulama miktarıyla ilişkili olduğu dikkat çekmektedir (Minkler vd., 2024). Programın altı günlük çevrim içi kısa bir biçimi ise ruh sağlığı sürekliliği ve bilişsel yeniden değerlendirme üzerinde olumlu etkiler göstermiş, ancak öz-değerlendirilmiş performansta anlamlı değişiklik yaratmamıştır (Tingaz, 2025).

2.2.3. MBSR Uyarlamaları ve Genel Farkındalık Eğitimi

Klinik alanda geliştirilen MBSR, sporda çoğunlukla doğrudan değil, branşa özgü egzersizlerle zenginleştirilmiş uyarlamalar biçiminde kullanılmaktadır (Kabat-Zinn, 2003). Örneğin yarışmacı bisikletçilerle yürütülen sekiz haftalık bir programa bilinçli spin-bisiklet

antrenmanı bileşeni eklenmiş ve müdahale grubunda farkındalık, akış ve spora özgü karamsarlık açısından olumlu etkiler gözlenmiştir (Scott-Hamilton vd., 2016). Yüksek düzey sporcularla yapılan güncel bir meta-analiz; MAC, Farkındalık-Kabul-İçgörü-Bağlılık (MAIC), farkındalık temelli spor programları ve genel farkındalık eğitimi gibi farklı protokolleri karşılaştırmış ve MBSR'nin özellikle depresyon belirtileri üzerinde etkili olduğunu bildirmiştir (Zhang vd., 2025). Psikolojik beceri antrenmanı ile farkındalık eğitimini doğrudan karşılaştıran üç kollu bir randomize kontrollü çalışma ise her iki yaklaşımın da duyguların performansı etkilemesini önleme ve dikkat kontrolü bakımından benzer kazanımlar sağladığını, yaşantısal kaçınmadaki azalmanın ise yalnızca farkındalık grubunda görüldüğünü ortaya koymuştur (Röthlin vd., 2020).

2.2.4. Kabul ve Kararlılık Yaklaşımı (ACT)

Kabul ve Kararlılık Terapisi ya da spor bağlamındaki adıyla Kabul ve Kararlılık Antrenmanı, değerler, kararlı eylem, kabul ve farkındalık gibi psikolojik süreçleri geliştirmeyi hedefleyen bağlamsal bir davranış değişimi yöntemidir (Lundgren vd., 2021). Genç elit buz hokeyi oyuncularıyla yürütülen randomize kontrollü bir çalışmada ACT grubu; gol, asist ve şut sayısı gibi nesnel performans göstergelerinde ve antrenörlerin kör değerlendirmelerinde bekleme listesi grubuna üstünlük göstermiştir. Antrenör değerlendirmelerindeki etkiler üç aylık izlemde sürerken nesnel performans ölçütlerindeki etkiler korunmamıştır (Lundgren vd., 2021). Bu bulgu, ACT'nin nesnel performans çıktılarıyla sınandığı az sayıdaki çalışmadan biri olması bakımından önemlidir. Farkındalık ve kabul temelli yaklaşımları birlikte ele alan sistematik derlemeler de bu modellerin sporda performans geliştirme amacıyla giderek daha fazla kullanıldığını göstermektedir (Noetel vd., 2019).

2.3. PERFORMANS ÜZERİNE ETKİLER

Farkındalık uygulamalarının performansa etkisini inceleyen erken bir sistematik derleme, olgu sunumları, nitel çalışmalar ve randomize ya da randomize olmayan denemelerden oluşan 19 çalışmayı değerlendirmiş ve performans artırıcı etkiye ilişkin ön destek bulunduğunu, ancak yöntemsel açıdan daha titiz denemelere ihtiyaç olduğunu vurgulamıştır (Sappington & Longshore, 2015). 290 sporcuyu kapsayan dokuz çalışmanın meta-analizinde farkındalık puanlarında büyük (SMD = 1,03) ve psikolojik performans göstergelerinde orta-büyük (SMD = 0,72) etkiler saptanmış; atıcılık ve dart gibi isabet gerektiren branşlarda performans çıktıları için de anlamlı bir etki (SMD = 1,35) bildirilmiştir (Bühlmayer vd., 2017). Fizyolojik performans göstergelerinde ise etki büyüklüğü yüksek olmakla birlikte heterojenliğin çok yüksek olduğu belirtilmiştir.

Daha güncel sentezler benzer bir yönelim ortaya koymaktadır. Toplam 582 katılımcıyı içeren 11 çalışmanın meta-analizinde farkındalık eğitiminin performansı büyük bir etkiyle artırdığı (SMD = 0,92) rapor edilmiştir (Si vd., 2024). 32 randomize kontrollü çalışmayı sistematik olarak inceleyen bir derlemede ise performansa ilişkin olumlu etkiler anlatısal sentezle desteklenmiş; farkındalık düzeyinde (SMD = 0,50) ve kabul, öz-şefkat ve akış gibi farkındalıkla ilişkili psikolojik bileşenlerde (SMD = 0,81) anlamlı artışlar bulunmuştur (Wang vd., 2023). Yoga ve farkındalık uygulamalarını birlikte ele alan bir meta-analiz de akış durumu üzerinde güçlü bir etki (SMD = 3,13) bildirmiştir (Kanaujia vd., 2023).

Ne var ki performans kanıtlarının sağlamlığı konusunda önemli çekinceler bulunmaktadır. Sporcularda psikolojik müdahalelerin performansa etkisini inceleyen kapsamlı bir meta-analizde farkındalık ve kabul temelli yaklaşımlar kontrol koşullarına göre orta düzeyde üstünlük göstermiş (g = 0,67), ancak güven aralığı sıfıra çok yakın bulunmuştur. Randomize olmayan çalışmalar ve öznel performans ölçümleri analizden çıkarıldığında bu etki anlamlılığını yitirmiştir (Reinebo vd., 2024). Benzer biçimde altı günlük çevrim içi MSPE programı öz-değerlendirilmiş performansta değişiklik yaratmamıştır (Tingaz, 2025). Buz hokeyi çalışmasında nesnel performans kazanımlarının izlemde korunmaması da etkilerin kalıcılığı sorusunu gündeme getirmektedir (Lundgren vd., 2021).

Performansın doğrudan ölçülmesinin yanı sıra bazı çalışmalar performansı destekleyen dolaylı süreçlere odaklanmıştır. Zihinsel yorgunluk üzerine yapılan sistematik bir derleme, farkındalık temelli müdahalelerin zihinsel yorgunluğu doğrudan hafiflettiğini ve yorgunluk koşulunda dikkat ile el kavrama kuvveti ve basketbolda serbest atış gibi bazı performans ölçütlerini olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir; aynı derlemede farkındalık deneyiminin ve müdahale süresinin başarı için gerekli etkenler olduğu vurgulanmıştır (Cao vd., 2022). Elit kadın voleybolcularla yürütülen bir çalışmanın yazarları da farkındalık müdahalesinin rekabete bağlı zihinsel yorgunluğu hafiflettiği sonucuna ulaşmıştır (Coimbra vd., 2021). Sakatlık önleme de performansın sürdürülebilirliğiyle ilişkili bir çıktı olarak değerlendirilebilir; bu bağlamda MAC temelli programın genç futbolcularda sakatlık sıklığını azaltması dikkat çekicidir (Naderi vd., 2020).

2.4. KAYGI, STRES, TÜKENMİŞLİK VE İYİ OLUŞ ÜZERİNE ETKİLER

Ruh sağlığı çıktıları, farkındalık temelli müdahalelerin sporda en tutarlı yararlarının gözlendiği alandır. Elit sporcularla yapılan 12 randomize kontrollü çalışmanın (614 sporcu) meta-analizinde müdahalelerin kaygı (g = -0,87) ve stres (g = -0,91) belirtilerini büyük ölçüde azalttığı, psikolojik iyi oluşu ise anlamlı biçimde artırdığı (g = 0,96) bulunmuştur; bununla

birlikte kanıtın kesinliği orta düzeyde ve heterojenlik yüksektir (Myall vd., 2023). 1108 yüksek düzey sporcuyu kapsayan 32 çalışmanın meta-analizi de farkındalık eğitiminin psikolojik dayanıklılık, akış, spor kaygısı, depresyon ve psikolojik yorgunluk üzerinde olumlu etkiler gösterdiğini, ancak öznel iyi oluşta anlamlı bir değişiklik yaratmadığını bildirmiştir (Zhang vd., 2025). Aynı çalışmada en etkili müdahale süresinin yedi hafta ve haftada bir kez 60 dakikayı aşan oturumlar olduğu belirtilmiştir.

Kaygıya ilişkin bulgular ise daha karmaşık bir tablo sergilemektedir. Farkındalık eğitimiyle ilgili bir meta-analiz kaygıda büyük bir azalma (SMD = -0,87) raporlarken (Si vd., 2024), yoga ve farkındalık uygulamalarını birlikte inceleyen başka bir meta-analizde stres anlamlı biçimde azalmış, kaygıdaki azalma ise anlamlı düzeye ulaşmamıştır (Kanaujia vd., 2023). Kontrollü çalışmalara dayanan güncel bir meta-analizde psikolojik müdahalelerin sporcularda durumluk kaygıyı büyük ölçüde azalttığı (SMD = -0,99), geleneksel psikolojik beceri antrenmanının ise bilişsel-davranışçı terapi ve farkındalık eğitimine göre daha etkili olduğu bulunmuştur (Li vd., 2025). Bireysel çalışmalar da bu çeşitliliği yansıtmaktadır: Ergen ragbi oyuncularıyla yapılan küme randomize bir denemede akılcı duygusal davranışçı terapi daha büyük kazanımlar sağlarken MAC grubunda kaygıda yalnızca kısmi iyileşme görülmüştür (Munnik vd., 2024). Akıllı telefon aracılığıyla sunulan ve 288 üniversite sporcusunu kapsayan bir farkındalık müdahalesi ise kaygı düzeylerinde anlamlı bir azalma sağlamamış; yazarlar, sporcuların uygulamaya ayırabildikleri zamanın ve oturumlara katılımın sınırlı olmasının etkililiği düşürmüş olabileceğini belirtmiştir (Gao vd., 2024).

Tükenmişlik açısından ilk sistematik derleme, farkındalık ile sporcu tükenmişliği arasında negatif bir ilişki bulunduğunu göstermiş; ancak müdahale çalışmalarının azlığı nedeniyle farkındalık temelli programların tükenmişliği önlemedeki yararına ilişkin kanıtın sınırlı olduğunu vurgulamıştır (Li vd., 2019). Genç sporcularda tükenmişliğe yönelik psikolojik müdahaleleri inceleyen bir meta-analizde bilişsel-davranışçı ve farkındalık temelli müdahalelerin tükenmişliğin çoğu boyutunu azalttığı ve çevrim içi müdahalelerin daha yararlı olduğu bildirilmiştir (Wilczyńska vd., 2022). Bu meta-analizin yalnızca beş çalışmaya dayanması, sonuçların temkinle yorumlanmasını gerektirmektedir.

İyi oluşa ilişkin sonuçlar, ölçülen yapıya bağlı olarak değişmektedir. Psikolojik iyi oluşta anlamlı artışlar raporlanırken (Myall vd., 2023), öznel iyi oluşta anlamlı etkiler saptanmamıştır (Zhang vd., 2025; Tingaz, 2025). Ayrıca 32 randomize kontrollü çalışmayı inceleyen bir derlemenin meta-analitik bölümünde ruh sağlığı göstergelerine ilişkin birleşik etki anlamlı

bulunmamıştır (Wang vd., 2023). Bu farklılık, iyi oluşun hangi boyutunun ölçüldüğünün ve kullanılan ölçme araçlarının sonuçları belirgin biçimde etkileyebileceğini düşündürmektedir.

2.5. YÖNTEMSEL SINIRLILIKLAR

Alanyazının en belirgin sınırlılığı, kanıtların yöntemsel niteliğidir. Sporcularda farkındalık temelli müdahalelere ilişkin 15 sistematik derlemeyi ve toplam 10.503 sporcuyu kapsayan bir şemsiye derleme, derlemelerin %73'ünün AMSTAR-2 ölçütlerine göre kritik düzeyde düşük kalitede olduğunu, geri kalanların ise düşük kalitede değerlendirildiğini ortaya koymuştur (Xie vd., 2025). Birincil çalışmalar düzeyinde de küçük örneklemler, bekleme listesi kontrol gruplarının yaygın kullanımı ve aktif karşılaştırma koşullarının azlığı dikkat çekmektedir. Erken dönem derlemede yer alan 19 çalışmadan yalnızca dördünün randomize olması bu durumu açıkça göstermektedir (Sappington & Longshore, 2015).

İkinci önemli sınırlılık, performans ölçümüne ilişkindir. Pek çok çalışma performansı öz-değerlendirme ya da akış gibi dolaylı göstergelerle ölçmektedir. Öznel ölçümlerin dışlanmasıyla etkinin anlamlılığını yitirmesi, bu sorunun sonuçları doğrudan etkileyebildiğini göstermektedir (Reinebo vd., 2024). Üçüncü olarak, meta-analizlerde yüksek heterojenlik sıklıkla raporlanmaktadır (Bühlmayer vd., 2017; Myall vd., 2023). Müdahale süresi, oturum sıklığı, uygulayıcı yeterliliği ve program içeriği çalışmalar arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle müdahale sadakatine, uygulayıcı yetkinliğine ve programların elit spor ortamında ölçeklenebilirliğine daha fazla önem verilmesi önerilmektedir (Myall vd., 2023). Son olarak, bazı çalışmalarda raporlanan istatistiksel karşılaştırmalar ile ulaşılan sonuçlar arasında tam bir uyum bulunmamaktadır. Örneğin voleybol çalışmasının özetinde izlemde anlamlı fark müzik temelli grup ile kontrol grubu arasında raporlanmakta, yazarlar ise farkındalık müdahalesinin zihinsel yorgunluğu hafiflettiği sonucuna varmaktadır (Coimbra vd., 2021). Bu tür durumlar, bulguların birincil verilerle dikkatle karşılaştırılması gerektiğini göstermektedir.

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu derleme, farkındalık temelli müdahalelerin sporcularda farkındalık düzeyini ve akış deneyimini tutarlı biçimde artırdığını göstermektedir (Bühlmayer vd., 2017; Si vd., 2024). Elit sporcularda kaygı ve stresin azalması ile psikolojik iyi oluşun artması da güncel meta-analizlerle desteklenmektedir (Myall vd., 2023; Zhang vd., 2025). Bu bulgular, farkındalık temelli yaklaşımların öncelikle sporcunun iç yaşantılarıyla ilişkisini düzenleyerek etki gösterdiği yönündeki kuramsal beklentiyle uyumludur (Gardner & Moore, 2004). Psikolojik beceri antrenmanıyla doğrudan karşılaştırmalarda iki yaklaşımın dikkat kontrolü ve duygu

yönetiminde ortak kazanımlar sağlaması, farkındalık eğitiminin ise yaşantısal kaçınmayı özgül biçimde azaltması, farklı yolların benzer hedeflere ulaştırabileceğini düşündürmektedir (Röthlin vd., 2020).

Performans açısından tablo daha temkinli bir yorumu gerektirmektedir. Meta-analizlerde bildirilen orta ve büyük etkiler umut verici olsa da bu etkilerin önemli bir bölümü öznel ölçümlere ve randomize olmayan tasarımlara dayanmaktadır; bunlar dışlandığında etkiler anlamlılığını yitirebilmektedir (Reinebo vd., 2024). Kaygı söz konusu olduğunda farkındalık eğitiminin geleneksel psikolojik beceri antrenmanından daha etkili olduğuna ilişkin bir kanıt bulunmamakta, aksine güncel bir meta-analiz geleneksel yaklaşımların daha büyük etkiler gösterdiğini bildirmektedir (Li vd., 2025). Tükenmişliğe yönelik bulgular ise kesitsel ilişkilerle ve az sayıda müdahale çalışmasıyla sınırlıdır (Li vd., 2019; Wilczyńska vd., 2022).

Sonuç olarak farkındalık temelli müdahaleler, sporcuların ruh sağlığını desteklemek ve performansla ilişkili psikolojik süreçleri güçlendirmek için kanıta dayalı, tamamlayıcı bir seçenek olarak değerlendirilebilir. Ancak bu müdahalelerin nesnel performans üzerindeki nedensel etkisi henüz yeterince kanıtlanmamıştır ve mevcut derlemelerin yöntemsel kalitesi bu konuda kesin yargılara varılmasını engellemektedir (Xie vd., 2025). Bu nedenle uygulayıcıların farkındalık temelli programları geleneksel psikolojik becerilerin yerine değil, onları tamamlayan bir bileşen olarak ele almaları uygun görünmektedir.

3.1. ÖNERİLER

3.1.1. Uygulamaya Yönelik Öneriler

Uygulayıcıların, sporcunun gereksinimine ve branşın niteliğine uygun bir model seçmeleri önerilir. Kaygı, stres ve duygu düzenleme güçlükleri ön plandaysa MAC veya MSPE gibi spora özgü programlar, değerlerle uyumlu davranış ve kararlılık hedefleniyorsa ACT temelli uygulamalar tercih edilebilir (Lundgren vd., 2021; Zhang vd., 2025). Güncel bir meta-analize göre yaklaşık yedi hafta süren ve haftada bir kez 60 dakikayı aşan oturumlardan oluşan programlar daha yararlı görünmektedir (Zhang vd., 2025). Kısa ve çevrim içi programlar uygulanabilir olmakla birlikte, performans çıktılarında sınırlı etki gösterebileceği dikkate alınmalıdır (Tingaz, 2025). Sporcunun uygulamaya ayırabileceği zaman ve akademik takvim gibi yük dönemleri planlamada gözetilmeli (Gao vd., 2024), müdahale sonrasında düzenli uygulamaya hazır bulunuşluğu destekleyecek izlem oturumları düzenlenmelidir (Minkler vd., 2024). Müdahalenin farkındalık eğitimi almış yetkin uygulayıcılar tarafından ve programa sadık biçimde yürütülmesi de önemlidir (Myall vd., 2023).

3.1.2. Araştırmalara Yönelik Öneriler

Gelecekteki çalışmalarda yeterli güce sahip, önceden kayıt altına alınmış, aktif kontrol gruplu randomize kontrollü tasarımlar kullanılmalı ve performans mutlaka nesnel ölçütlerle değerlendirilmelidir (Reinebo vd., 2024). Etkilerin kalıcılığını sınamak için uzun süreli izlemler yapılmalı (Lundgren vd., 2021), müdahale protokolleri standartlaştırılmalı ve sistematik derlemelerde AMSTAR-2 gibi kalite ölçütlerine uyulmalıdır (Xie vd., 2025). Farklı branşlar, cinsiyetler ve yarışma düzeyleri arasındaki farklılıkları inceleyen moderatör analizleri de uygulamaya rehberlik edecek bilgiyi artıracaktır (Li vd., 2025). Türkiye'deki sporcularla yürütülecek kültürel olarak uyarlanmış randomize kontrollü çalışmalar, ulusal alanyazındaki boşluğun doldurulmasına katkı sağlayacaktır.

4. KAYNAKÇA

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

Bishop, S. R., Lau, M., Shapiro, S., Carlson, L., Anderson, N. D., Carmody, J., Segal, Z. V., Abbey, S., Speca, M., Velting, D., & Devins, G. (2004). Mindfulness: A proposed operational definition. *Clinical Psychology: Science and Practice, 11*(3), 230–241. https://doi.org/10.1093/clipsy.bph077

Bühlmayer, L., Birrer, D., Röthlin, P., Faude, O., & Donath, L. (2017). Effects of mindfulness practice on performance-relevant parameters and performance outcomes in sports: A meta-analytical review. *Sports Medicine, 47*(11), 2309–2321. https://doi.org/10.1007/s40279-017-0752-9

Cao, S., Geok, S. K., Roslan, S., Qian, S., Sun, H., Lam, S. K., & Liu, J. (2022). Mindfulness-based interventions for the recovery of mental fatigue: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(13), 7825. https://doi.org/10.3390/ijerph19137825

Chen, J. H., Tsai, P. H., Lin, Y. C., Chen, C. K., & Chen, C. Y. (2019). Mindfulness training enhances flow state and mental health among baseball players in Taiwan. *Psychology Research and Behavior Management, 12*, 15–21. https://doi.org/10.2147/PRBM.S188734

Coimbra, D. R., Bevilacqua, G. G., Pereira, F. S., & Andrade, A. (2021). Effect of mindfulness training on fatigue and recovery in elite volleyball athletes: A randomized controlled follow-up study. *Journal of Sports Science and Medicine, 20*(1), 1–8. https://doi.org/10.52082/jssm.2021.1

Dehghani, M., Saf, A. D., Vosoughi, A., Tebbenouri, G., & Zarnagh, H. G. (2018). Effectiveness of the mindfulness-acceptance-commitment-based approach on athletic performance and sports competition anxiety: A randomized clinical trial. *Electronic Physician, 10*(5), 6749–6755. https://doi.org/10.19082/6749

Gao, Y., Shi, L., Fu, N., Yang, N., Weeks-Gariepy, T., & Mao, Y. (2024). Mobile-delivered mindfulness intervention on anxiety level among college athletes: Randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research, 26*, e40406. https://doi.org/10.2196/40406

Gardner, F. L., & Moore, Z. E. (2004). A mindfulness-acceptance-commitment-based approach to athletic performance enhancement: Theoretical considerations. *Behavior Therapy, 35*(4), 707–723. https://doi.org/10.1016/s0005-7894(04)80016-9

Josefsson, T., Ivarsson, A., Gustafsson, H., Stenling, A., Lindwall, M., Tornberg, R., & Böröy, J. (2019). Effects of mindfulness-acceptance-commitment (MAC) on sport-specific dispositional mindfulness, emotion regulation, and self-rated athletic performance in a multiple-sport population: An RCT study. *Mindfulness, 10*(8), 1518–1529. https://doi.org/10.1007/s12671-019-01098-7

Kabat-Zinn, J. (2003). Mindfulness-based interventions in context: Past, present, and future. *Clinical Psychology: Science and Practice, 10*(2), 144–156. https://doi.org/10.1093/clipsy.bpg016

Kanaujia, S., Saraswati, P., Anshu, Singh, N., Singh, S., Kataria, N., & Yadav, P. (2023). Effect of yoga and mindfulness on psychological correlates in young athletes: A meta-analysis. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine, 14*(3), 100725. https://doi.org/10.1016/j.jaim.2023.100725

Kaufman, K. A., Glass, C. R., & Arnkoff, D. B. (2009). Evaluation of mindful sport performance enhancement (MSPE): A new approach to promote flow in athletes. *Journal of Clinical Sport Psychology, 3*(4), 334–356. https://doi.org/10.1123/jcsp.3.4.334

Li, C., Zhu, Y., Zhang, M., Gustafsson, H., & Chen, T. (2019). Mindfulness and athlete burnout: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 16*(3), 449. https://doi.org/10.3390/ijerph16030449

Li, H., Yang, Q., & Wang, B. (2025). Effects of psychological interventions on anxiety in athletes: A meta-analysis based on controlled trials. *Frontiers in Psychology, 16*, 1621635. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1621635

Lundgren, T., Reinebo, G., Fröjmark, M. J., Jäder, E., Näslund, M., Svartvadet, P., Samuelsson, U., & Parling, T. (2021). Acceptance and commitment training for ice hockey players: A randomized controlled trial. *Frontiers in Psychology, 12*, 685260. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.685260

Minkler, T. O., Zizzi, S. J., & Follmer, D. J. (2024). The roles of readiness and dosage in predicting outcomes of a mindful sport performance enhancement intervention with U.S. college student-athletes. *Psychology of Sport and Exercise, 70*, 102539. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2023.102539

Munnik, J. B., van Niekerk, R. L., & Turner, M. J. (2024). A cluster randomized trial of a rational emotive behavior therapy (REBT) program and a mindfulness-acceptance-commitment (MAC) program, with South African adolescent rugby players. *Psychology of Sport and Exercise, 75*, 102706. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2024.102706

Myall, K., Montero-Marin, J., Gorczynski, P., Kajee, N., Syed Sheriff, R., Bernard, R., Harriss, E., & Kuyken, W. (2023). Effect of mindfulness-based programmes on elite athlete mental health: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine, 57*(2), 99–108. https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-105596

Naderi, A., Shaabani, F., Gharayagh Zandi, H., Calmeiro, L., & Brewer, B. W. (2020). The effects of a mindfulness-based program on the incidence of injuries in young male soccer players. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 42*(2), 161–171. https://doi.org/10.1123/jsep.2019-0003

Noetel, M., Ciarrochi, J., Van Zanden, B., & Lonsdale, C. (2019). Mindfulness and acceptance approaches to sporting performance enhancement: A systematic review. *International Review of Sport and Exercise Psychology, 12*(1), 139–175. https://doi.org/10.1080/1750984x.2017.1387803

Reinebo, G., Alfonsson, S., Jansson-Fröjmark, M., Rozental, A., & Lundgren, T. (2024). Effects of psychological interventions to enhance athletic performance: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine, 54*(2), 347–373. https://doi.org/10.1007/s40279-023-01931-z

Röthlin, P., Horvath, S., Trösch, S., Holtforth, M. G., & Birrer, D. (2020). Differential and shared effects of psychological skills training and mindfulness training on performance-relevant psychological factors in sport: A randomized controlled trial. *BMC Psychology, 8*(1), 80. https://doi.org/10.1186/s40359-020-00449-7

Sappington, R., & Longshore, K. (2015). Systematically reviewing the efficacy of mindfulness-based interventions for enhanced athletic performance. *Journal of Clinical Sport Psychology, 9*(3), 232–262. https://doi.org/10.1123/jcsp.2014-0017

Scott-Hamilton, J., Schutte, N. S., & Brown, R. F. (2016). Effects of a mindfulness intervention on sports-anxiety, pessimism, and flow in competitive cyclists. *Applied Psychology: Health and Well-Being, 8*(1), 85–103. https://doi.org/10.1111/aphw.12063

Si, X. W., Yang, Z. K., & Feng, X. (2024). A meta-analysis of the intervention effect of mindfulness training on athletes' performance. *Frontiers in Psychology, 15*, 1375608. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1375608

Tingaz, E. O. (2025). Effects of brief online mindful sport performance enhancement on athletes' mental health, emotion regulation, and performance: A mixed-methods randomized controlled

trial. *International Journal of Sports Medicine, 46*(10), 768–779. https://doi.org/10.1055/a-2602-9082

Wang, Y., Lei, S. M., & Fan, J. (2023). Effects of mindfulness-based interventions on promoting athletic performance and related factors among athletes: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 20*(3), 2038. https://doi.org/10.3390/ijerph20032038

Wilczyńska, D., Qi, W., Jaenes, J. C., Alarcón, D., Arenilla, M. J., & Lipowski, M. (2022). Burnout and mental interventions among youth athletes: A systematic review and meta-analysis of the studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(17), 10662. https://doi.org/10.3390/ijerph191710662

Xie, B., Lei, S., Choi, N., Choi, S. M., Wang, X., & Chen, Y. (2025). Impact of mindfulness-based interventions on sports performance and mental health: An umbrella review. *Journal of Exercise Science & Fitness, 23*(4), 261–272. https://doi.org/10.1016/j.jesf.2025.06.008

Zhang, J., Sun, J., Zhou, Y., Gong, L., & Huang, S. (2025). The effect of mindfulness training on the psychological state of high-level athletes: Meta analysis and system evaluation research. *Journal of Sports Sciences, 43*(6), 600–622. https://doi.org/10.1080/02640414.2025.2468997

SPORCULARDA PERFORMANSA YÖNELİK PSİKOLOJİK BECERİ ANTRENMANI: İMGELEME, KENDİ KENDİNE KONUŞMA VE HEDEF BELİRLEME

Doç. Dr. Serdar Solmaz
Batman Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Batman, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-4678-9604
Dr. Öğr. Üyesi Berzan Şimşek
Batman Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Batman, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-2264-538X

ÖZET

Psikolojik beceri antrenmanı, sporcuların performansı etkileyen bilişsel ve duygusal süreçleri bilinçli olarak düzenleyebilmesi için sistemli biçimde öğretilen tekniklerin bütünüdür. Bu anlatı derlemesinin amacı, bu tekniklerden en sık uygulanan imgeleme, kendi kendine konuşma ve hedef belirlemenin sportif performans üzerindeki etkilerine ilişkin 2015-2025 dönemindeki kanıtları özetlemek ve uygulamaya yönelik çıkarımlar sunmaktır. PubMed ve Crossref veri tabanlarında yapılan taramada meta-analizler ve sistematik derlemeler öncelikli tutulmuş, bunlar seçilmiş deneysel çalışmalar ve sınırlı sayıda kuramsal kaynakla tamamlanmış; toplam 30 kaynak değerlendirilmiştir. Bulgular, imgelemenin özellikle fiziksel pratikle birleştirildiğinde ve düzenli bir dozla uygulandığında performansı artırdığını, PETTLEP modelinin imgeleme senaryolarının niteliğini yükseltmek için yararlı bir çerçeve sunduğunu göstermektedir. Kendi kendine konuşmanın orta düzeyde olumlu bir etkisi bulunmakta; yönergesel içerik ince motor görevlerde, motivasyonel içerik ise dayanıklılık ve yorgunluk koşullarında öne çıkmaktadır. Hedef belirlemeye ilişkin sporcu temelli deneysel kanıt diğer iki teknikten daha sınırlı olmakla birlikte, spesifik ve zorlayıcı hedeflerin davranışı ve performansı desteklediği görülmektedir. Birden fazla beceriyi bir arada öğreten paket programlar orta düzeyde etkiler üretmekte, ancak yöntemsel olarak daha sağlam çalışmalarda bu etkilerin zayıfladığı dikkat çekmektedir. Sonuç olarak, psikolojik beceri antrenmanının bireyselleştirilmiş, antrenman sürecine yerleştirilmiş ve düzenli izlenen bir yapıda planlanması önerilmekte; alanın randomize ve iyi raporlanmış çalışmalara gereksinim duyduğu vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Psikolojik beceri antrenmanı, imgeleme, kendi kendine konuşma, hedef belirleme, sportif performans

PSYCHOLOGICAL SKILLS TRAINING FOR PERFORMANCE ENHANCEMENT IN ATHLETES: IMAGERY, SELF-TALK AND GOAL SETTING

ABSTRACT

Psychological skills training refers to a set of techniques that are taught systematically so that athletes can deliberately regulate the cognitive and emotional processes underlying

performance. This narrative review summarises evidence published between 2015 and 2025 on three of the most frequently applied techniques, namely imagery, self-talk and goal setting, and derives practical implications for coaches and practitioners. PubMed and Crossref were searched; meta-analyses and systematic reviews were prioritised and supplemented with selected experimental studies and a small number of theoretical sources, yielding 30 references. The evidence indicates that imagery improves performance, particularly when combined with physical practice and delivered with a regular dose, and that the PETTLEP model offers a useful framework for improving the quality of imagery scripts. Self-talk has a moderate positive effect; instructional content appears more beneficial for fine motor tasks, whereas motivational content is relevant under endurance and fatigue conditions. Athlete-based experimental evidence on goal setting is more limited than for the other two techniques, yet specific and challenging goals appear to support behaviour and performance. Multi-skill packages produce moderate effects, although these effects weaken in methodologically more rigorous analyses. Psychological skills training should therefore be individualised, embedded in the training process and monitored regularly, and the field needs randomised, transparently reported trials.

Keywords: Psychological skills training, imagery, self-talk, goal setting, sport performance

1. GİRİŞ

Üst düzey sporda fiziksel, teknik ve taktik hazırlık düzeyleri birbirine giderek yaklaştıkça, yarışmanın sonucunu belirleyen farklar çoğu zaman sporcunun baskı altında dikkatini yönetebilmesi, duygularını düzenleyebilmesi ve motivasyonunu sürdürebilmesi gibi psikolojik etkenlere kaymaktadır. Spor psikolojisi alanındaki meta-analizleri bir araya getiren sistematik bir derleme, performansı artırması beklenen psikolojik müdahale ve değişkenlerin genel olarak orta düzeyde yararlı bir etkiye, performansı bozması beklenen değişkenlerin ise küçük düzeyde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu bildirmiştir (Lochbaum ve ark., 2022). Aynı araştırma grubunun daha yakın tarihli kapsam derlemesi ise sporcu örneklemleri ve performans çıktıları içeren 73 meta-analizi haritalandırmış, zihinsel pratiğin en sık incelenen konular arasında yer aldığını ve bu alandaki yayın etkinliğinin 2020 sonrasında belirgin biçimde hızlandığını göstermiştir (Lochbaum ve Lane, 2025).

Bu birikime karşın, uygulayıcıların sahada kullanabileceği biçimde düzenlenmiş, tekniklere özgü kanıtları bir arada sunan Türkçe derlemelere gereksinim sürmektedir. Antrenör ve spor psikoloğu açısından asıl soru, belirli bir tekniğin işe yarayıp yaramadığından çok, hangi koşulda, hangi dozda ve hangi sporcu için daha yararlı olduğudur. Bu derlemede psikolojik beceri antrenmanının en yaygın üç bileşeni olan imgeleme, kendi kendine konuşma ve hedef

belirleme ele alınmış; ardından bu becerilerin birlikte öğretildiği paket programlara ilişkin bulgular değerlendirilmiştir. Farkındalık (mindfulness) temelli yaklaşımlar ayrı bir çalışmanın konusu olduğundan bu derlemenin kapsamı dışında tutulmuştur. Çalışmanın amacı, 2015-2025 döneminde yayımlanan kanıtları özetlemek ve antrenman pratiğine aktarılabilecek öneriler geliştirmektir.

2. YÖNTEM

Bu çalışma anlatı (geleneksel) derleme olarak tasarlanmış, raporlamada anlatı derlemelerinin niteliğini değerlendirmeye yönelik SANRA ölçütleri (Baethge ve ark., 2019) gözetilmiştir. Literatür taraması PubMed ve Crossref veri tabanlarında yürütülmüş, son tarama 13 Ekim 2026 tarihinde yapılmıştır. PubMed'de 2015-2025 yayın yılı aralığında beş ayrı sorgu kullanılmış; "imagery", "mental practice", "PETTLEP", "self-talk", "goal setting", "psychological skills training", "mental skills training" ve "psychological intervention" terimleri başlık ve özet alanında "sport*" ve "athlet*" sözcükleriyle, gerektiğinde "performance" sözcüğüyle birleştirilmiş, uygun sorgularda meta-analiz, sistematik derleme ve randomize çalışma filtreleri uygulanmıştır. Bu aşamada 372 tekil kayıt elde edilmiştir. PubMed'de dizinlenmeyen spor psikolojisi dergilerindeki meta-analizlere ulaşmak için Crossref'te tamamlayıcı başlık ve konu aramaları yapılmıştır.

Dahil etme ölçütleri şunlardır: (a) 2015-2025 arasında hakemli bir dergide yayımlanmış olmak, (b) sporcularda ya da sportif veya motor bir performans görevinde imgeleme, kendi kendine konuşma, hedef belirleme veya bunları içeren çok bileşenli bir program incelemek, (c) meta-analiz, sistematik derleme ya da kontrol koşulu içeren deneysel desen kullanmak, (d) İngilizce yayımlanmış ve DOI numarası doğrulanabilir olmak. Rehabilitasyon, klinik ağrı ve tıp eğitimi gibi spor performansı dışındaki bağlamlara odaklanan çalışmalar dışlanmıştır. Sporcu olmayan örneklemlerle yürütülen çalışmalar, motor bir performans görevi kullandıklarında ve mekanizmaya ilişkin kanıt sağladıklarında dahil edilmiş ve metinde ayrıca belirtilmiştir. Kuramsal çerçeveyi kurmak amacıyla 2015 öncesine ait üç temel kaynak da metne alınmıştır. Kaynak seçimi, sistematik derlemelerdeki gibi tüm kayıtların ölçüt temelli elenmesiyle değil, meta-analiz ve sistematik derlemelere öncelik veren amaçlı bir yaklaşımla yapılmış; başlık ve özet incelemesi sonucunda 30 kaynak seçilmiştir. Bulgular, seçilen çalışmaların özetlerinde raporlanan bilgilere dayanılarak tematik olarak sentezlenmiştir. Anlatı derlemesi niteliği gereği sistematik bir yanlılık riski değerlendirmesi yapılmamış; kanıtın gücü, meta-analizlerde raporlanan yöntemsel kalite bulguları dikkate alınarak yorumlanmıştır. Derlemenin sınırlılıkları olarak SPORTDiscus, Scopus ve Web of Science ile Türkçe veri

tabanlarının (TR Dizin, DergiPark) taranmadığı, yalnızca İngilizce yayınların ele alındığı ve kayıtların bağımsız iki değerlendirici tarafından taranmadığı belirtilmelidir.

2.1. PSİKOLOJİK BECERİ ANTRENMANI KAVRAMI

Psikolojik beceri antrenmanı, sporcunun performansla ilişkili düşünce, duygu ve davranışlarını düzenlemesine yardım eden zihinsel tekniklerin planlı ve tekrarlı biçimde öğretilmesi ve uygulanmasıdır. Bu yaklaşımın temel varsayımı, zihinsel becerilerin de fiziksel beceriler gibi öğrenilebilir ve antrenmanla geliştirilebilir olduğudur. Spor psikolojisi müdahalelerinin önemli bir kısmının, sporcunun düşüncelerini ve davranışlarını değiştirerek performansı iyileştirmeyi hedeflediği bilinmektedir. Psikolojik ve psikososyal müdahaleleri inceleyen randomize kontrollü çalışmalara dayalı bir meta-analiz, bu müdahalelerin son testte orta düzeyde (g = 0,57) olumlu etki gösterdiğini ve bir ila dört haftalık izlem ölçümlerinde de etkinin sürdüğünü (g = 1,16) bildirmiştir; ayrıca antrenör tarafından uygulanan müdahalelerde etkilerin daha büyük olduğuna işaret eden bazı kanıtlar sunmuştur (Brown ve Fletcher, 2017).

Psikolojik becerilerin etkisini fiziksel performansın belirli bir boyutunda inceleyen çalışmalar da benzer bir tablo ortaya koymaktadır. Hedef belirleme, imgeleme, kendi kendine konuşma ve hazırlayıcı uyarılma gibi bilişsel stratejilerin kuvvet performansı üzerindeki etkisini sistematik olarak inceleyen bir derlemede, bu stratejilerin genel olarak kuvvet artışıyla tutarlı biçimde ilişkili olduğu, hiçbir stratejinin genel olarak olumsuz etki göstermediği, ancak stratejiye ve kuvvet türüne özgü sonuçların karışık olduğu raporlanmıştır (Tod ve ark., 2015). Bu bulgu, psikolojik beceri antrenmanının tek tip bir reçete değil, görev özelliklerine göre seçilmesi gereken bir araç seti olarak ele alınması gerektiğini düşündürmektedir.

2.2. İMGELEME

2.2.1. Kavramsal Çerçeve ve PETTLEP Modeli

İmgeleme, bir hareketin ya da durumun gerçek bir fiziksel uygulama olmaksızın duyusal ve duygusal ayrıntılarıyla zihinde yeniden canlandırılmasıdır. Motor imgeleme, açık bir kas kasılması olmaksızın bir hareketin zihinsel simülasyonu olarak tanımlanmaktadır (Paravlic ve ark., 2018). Sporda imgeleme uygulamalarına yön veren en etkili çerçevelerden biri, işlevsel eşdeğerlik ilkesine dayanan PETTLEP modelidir (Holmes ve Collins, 2001). Modelin adı fiziksel (physical), çevre (environment), görev (task), zamanlama (timing), öğrenme (learning), duygu (emotion) ve bakış açısı (perspective) bileşenlerinin baş harflerinden oluşur. Temel önerme, imgeleme deneyimi gerçek performans deneyimine ne kadar benzerse etkisinin de o kadar güçlü olacağıdır; bu nedenle sporcunun imgeleme sırasında yarışma kıyafetini giymesi,

gerçek ortamda ya da ona benzer bir ortamda çalışması, hareketi gerçek hızında canlandırması ve beceri düzeyine uygun içerik kullanması önerilir.

Modelin yaklaşık on beş yıllık araştırma birikimini değerlendiren bir derleme, altta yatan mekanizmalara ilişkin görüşler değişmiş olsa da PETTLEP modelinin spor bağlamında ve katılımı yüksek sporcularla uygulandığında olumlu etkisini destekleyen çok sayıda bulgu bulunduğunu belirtmiştir. Aynı derleme, pek çok araştırmanın modelin yönergelerini tam olarak uygulamadığını, özellikle imgeleme senaryoları hazırlanırken kişisel anlamlılığın göz ardı edildiğini vurgulamış; beklentinin aracı rolüne ve hareket gözlemiyle desteklenmenin ek yararına dikkat çekmiştir (Collins ve Carson, 2017). Bu eleştiri, uygulamada hazır ve genel senaryolar yerine sporcuyla birlikte geliştirilen bireysel senaryoların önemini öne çıkarmaktadır.

Bakış açısı bileşenine ilişkin deneysel kanıtlar da dikkat çekicidir. Altı hafta boyunca haftada üç kez görselleştirilmiş PETTLEP imgelemesi uygulanan randomize kontrollü bir çalışmada, içsel (birinci şahıs) imgeleme yapan katılımcılar, tutma testinde orta mesafe basketbol atışlarında dışsal (üçüncü şahıs) imgeleme yapanlardan daha iyi performans göstermiştir; ayrıca bireysel yatkınlık özelliklerinin imgeleme etkisiyle etkileşime girdiği bulunmuştur (Fang ve ark., 2023). Bu sonuç, bakış açısı seçiminin görevin niteliğine ve sporcunun özelliklerine göre yapılması gerektiğini desteklemektedir.

2.2.2. Performans Üzerindeki Etkiler

Son yıllarda yayımlanan meta-analizler, imgelemenin sportif performans üzerindeki etkisini geniş örneklemlerle sınamıştır. Sporda imgeleme müdahalelerini konu alan bir meta-analizin ön baskı özetine göre imgeleme, motor performansın yanı sıra motivasyonel ve duygusal çıktıları da anlamlı biçimde iyileştirmiş; imgelemenin fiziksel pratikle birleştirilmesi, yalnızca fiziksel pratik yapılmasından daha etkili bulunmuş ve imgelemenin etkililiği antrenman yoğunluğuyla pozitif ilişkili çıkmıştır (Simonsmeier ve ark., 2021). Toplam 86 çalışma ve 3593 sporcuyu kapsayan çok düzeyli bir meta-analiz de imgeleme uygulamasının çeviklik, kas kuvveti ile tenis ve futbol performansını artırdığını göstermiştir (Liu ve ark., 2025).

Spora özgü sonuçlar ise etkinin her performans boyutunda aynı olmadığını göstermektedir. Tenisçilerde motor imgeleme antrenmanını inceleyen dokuz kontrollü denemeye (548 katılımcı) dayalı bir meta-analizde, imgeleme servis isabetini ve tekniğini geliştirmiş, ancak servis hızını ve karşılama isabetini etkilememiştir; yazarlar kanıtın kesinliğini düşük ile çok düşük arasında derecelendirmiştir (Deng ve ark., 2024). Futbolcularda bilişsel

antrenman stratejilerini inceleyen bir sistematik derleme de imgelemenin futbol performansını iyileştirdiğini; bilişsel imgeleme türlerinin antrenmandaki, motivasyonel imgeleme türlerinin ise yarışmadaki performansla daha yakından ilişkili olduğunu bildirmiştir (Slimani ve ark., 2016). Bu bulgular, imgeleme içeriğinin hedeflenen çıktıya (teknik doğruluk, güç, yarışma motivasyonu) göre seçilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Kuvvet performansı, imgelemenin fizyolojik sınırlarının en açık biçimde sınandığı alanlardan biridir. Sağlıklı yetişkinlerde yürütülen bir meta-analizde motor imgeleme maksimal istemli kuvveti kontrol grubuna göre orta düzeyde artırmış, ancak bu artış fiziksel pratiğin sağladığından daha küçük kalmıştır (Paravlic ve ark., 2018). Bu nedenle imgeleme fiziksel antrenmanın yerine geçen değil, onu tamamlayan ya da sakatlık ve yük azaltma dönemlerinde kas işlevini korumaya yardımcı olan bir araç olarak değerlendirilmelidir. Çocuk ve ergenlerde motor imgeleme antrenmanını inceleyen bir meta-analiz de fiziksel pratikle birleştirilen imgelemenin yüksek bir potansiyel taşıdığını, ancak çalışmaların yanlılık riskinin orta ile yüksek arasında olduğunu ve PETTLEP gibi raporlama önerilerine uyulması gerektiğini belirtmiştir (Behrendt ve ark., 2021).

2.2.3. Doz ve Uygulama Özellikleri

Uygulayıcılar için en değerli bilgilerden biri imgeleme dozuna ilişkindir. Sporcularla yürütülen çok düzeyli meta-analizde, yaklaşık on dakikalık seansların haftada üç kez ve yaklaşık yüz gün boyunca uygulanmasının en güçlü performans kazanımlarıyla ilişkili olduğu bulunmuştur; aynı çalışmada imgelemenin bir ya da iki ek psikolojik beceriyle birleştirilmesinin tek başına uygulanmasından daha etkili olduğu raporlanmıştır (Liu ve ark., 2025). Kuvvet çıktısı açısından ise dört haftalık süre, haftada üç seans, seans başına iki-üç set ve yaklaşık on beş dakikalık seans süresi daha büyük kazanımlarla ilişkilendirilmiştir (Paravlic ve ark., 2018). Bu iki bulgu birlikte değerlendirildiğinde, kısa ancak düzenli ve uzun soluklu imgeleme uygulamalarının seyrek ve uzun seanslardan daha işlevsel olabileceği söylenebilir.

2.3. KENDİ KENDİNE KONUŞMA

Kendi kendine konuşma, sporcunun kendisine yönelttiği açık ya da içsel ifadelerdir ve düşüncelerin eylemi etkilediği varsayımına dayanır. Uygulamada iki temel işlevden söz edilir: tekniğin önemli noktalarına dikkat çeken yönergesel kendi kendine konuşma (örneğin "dirsek içeride") ve çaba, güven ya da enerji düzeyini artırmayı amaçlayan motivasyonel kendi kendine konuşma (örneğin "devam et, yapabilirsin"). Bu alandaki temel meta-analiz, 32 çalışmadan elde edilen 62 etki büyüklüğünü birleştirerek kendi kendine konuşma müdahalelerinin performans üzerinde orta düzeyde olumlu bir etkisi olduğunu (ES = 0,48) göstermiştir (Hatzigeorgiadis ve

ark., 2011). Aynı çalışmada müdahaleler ince motor gerektiren ve yeni öğrenilen görevlerde daha etkili bulunmuş, yönergesel kendi kendine konuşma ince görevlerde motivasyonel kendi kendine konuşmadan üstün çıkmış ve sistemli bir kendi kendine konuşma antrenmanı içeren müdahaleler içermeyenlere göre daha etkili olmuştur.

2015 sonrası deneysel çalışmalar bu çerçeveyi farklı bağlamlarda desteklemektedir. Basketbolcularla yürütülen bir çalışmada, üç haftalık stratejik kendi kendine konuşma müdahalesi sırasında oyuncular kendi serbest atış konuşma planlarını geliştirmiş; fiziksel yorgunluk oluşturan mekik koşusunun ardından yapılan son ölçümde deney grubu kontrol grubundan anlamlı biçimde daha iyi performans göstermiştir (Galanis ve ark., 2022). Genç alt-elit sporcularla yürütülen randomize bir çalışmada ise kendi kendine konuşma antrenmanı somatik durumluk kaygıyı azaltmış; durumluk özgüveni, öz-yeterliği ve antrenörlerin performans değerlendirmelerini artırmış, sekiz haftalık program bir haftalık programdan daha etkili olmuştur (Walter ve ark., 2019). Bu sonuç, kendi kendine konuşmanın da diğer beceriler gibi zamana ve tekrara gereksinim duyduğunu göstermektedir.

Motivasyonel kendi kendine konuşmanın özellikle dayanıklılık ve fizyolojik zorlanma koşullarında önem kazandığı görülmektedir. Antrenmanlı bisikletçilerde sıcağa özgü iki haftalık motivasyonel kendi kendine konuşma antrenmanı, sıcak ortamda tükenme süresini ortalama 487 saniyeden 679 saniyeye çıkarmış ve yürütücü işlevlerin hızını ve doğruluğunu iyileştirmiştir; kontrol grubunda ise değişiklik gözlenmemiştir (Wallace ve ark., 2017). İçeriğin değerliği de belirleyicidir: antrenmanlı koşucularda olumsuz kendi kendine konuşma, olumlu konuşma ve dikkat dağıtıcı etkinlik koşullarına kıyasla algılanan zorluğu, solunum sıklığını, dakika ventilasyonunu ve tükürük kortizolünü artırmıştır (Basset ve ark., 2022). Dolayısıyla uygulamada yalnızca olumlu ifadeler önermek yeterli değildir; sporcunun kendiliğinden ortaya çıkan olumsuz iç konuşmasını fark etmesi ve yeniden yapılandırması da programın parçası olmalıdır.

Kendi kendine konuşmanın diğer tekniklerle karşılaştırıldığı çalışmalar da yol göstericidir. Altı psikolojik tekniği karşılaştıran deneysel bir çalışmada yönergesel öz-ifade, yeni motor görevlerde performansı imgeleme, modelleme ve hedef belirlemeden daha fazla artırmıştır (Wright ve ark., 2016). Tenisçilerle yürütülen bir çalışmada ise motor imgeleme ile motivasyonel kendi kendine konuşmanın servis öncesinde birlikte kullanılması, ilk servis etkinliğini yalnızca imgeleme kullanılan koşula göre daha fazla artırmıştır (Robin ve ark., 2022). Bu iki bulgu, kendi kendine konuşmanın özellikle beceri öğrenme aşamasında ve diğer tekniklerle birleştirildiğinde değer kazandığını düşündürmektedir.

2.4. HEDEF BELİRLEME

Hedef belirleme, örgüt psikolojisinden spora aktarılmış ve kuramsal temeli en güçlü psikolojik becerilerden biridir. Hedef belirleme kuramına ilişkin otuz beş yıllık araştırmayı özetleyen çalışma, kuramın temel bulgularını, hedeflerin hangi mekanizmalar aracılığıyla etkili olduğunu, hedef etkilerinin düzenleyicilerini ve kuramın sınırlılıklarını tartışmıştır (Locke ve Latham, 2002). Spor uygulamasında bu birikim genellikle sonuç, performans ve süreç hedeflerinin ayrımı ile hedeflerin spesifik, ölçülebilir, ulaşılabilir, gerçekçi ve zamana bağlı olması gerektiğini vurgulayan SMART ilkesi biçiminde kullanılmaktadır. Sporda hedef belirlemenin performans ve psikolojik etkilerini bir arada inceleyen güncel bir sistematik derleme ve meta-analiz de bu alandaki kanıtları ilk kez bütüncül biçimde bir araya getirmeye yönelmiştir (Williamson ve ark., 2024).

Sporcularla yapılan deneysel çalışmalar sınırlı olsa da tutarlı bir eğilim göstermektedir. Genç yüzücülerle yürütülen beş haftalık bir programda hem hedef belirleme hem de kendi kendine konuşma grupları kontrol grubuna göre yarışma derecelerinde olumlu etki göstermiş; hedef belirlemenin etkisi orta, kendi kendine konuşmanın etkisi küçük düzeyde bulunmuştur (Meggs ve Chen, 2019). Elit basketbolcuları da içeren bir örneklemde, 30 saniyelik zaman kısıtı altında serbest atış isabeti belirgin biçimde düşerken, aynı zaman kısıtında kişisel en iyi sonucu aşmaya yönelik hedef odaklı koşulda isabet zaman kısıtı olmayan koşulla benzer düzeyde kalmıştır (Kostrna, 2022). Bu bulgu, iyi tanımlanmış bir hedefin baskı koşullarında performans kaybını sınırlayabileceğini düşündürmektedir.

Hedef zorluğunun önemine ilişkin özgün bir kanıt, elit yüzmedeki doğal bir deneyden gelmektedir. Performansı yapay olarak artıran "süper mayoların" kısa süreli kullanımından sonra, yasak sonrası dönemdeki şampiyona hızları önceki eğilimden beklenenin anlamlı biçimde üzerinde gerçekleşmiştir; yazarlar bu durumu yukarı doğru yeniden ayarlanan hedeflerin sonraki performansı yükseltmesiyle açıklamış ve hedef zorluğu ile performans arasındaki ilişkinin belirli bir noktadan sonra düzleşen eğrisel bir yapıda olduğunu göstermiştir (Robinson, 2022). Ergenlerde yürütülen randomize kontrollü bir çalışmada ise SMART hedef belirlemenin merkez kuvvet antrenmanıyla birleştirilmesi, her iki uygulamanın tek başına kullanılmasından daha etkili olmuş; yalnızca hedef belirleme küçük etkiler üretmiştir (Lu ve ark., 2022). Benzer şekilde, yetersiz aktif yetişkinlerde spesifik hedeflerin fiziksel aktivite üzerinde büyük, psikolojik çıktılar üzerinde ise küçük bir etki yarattığı bildirilmiştir (Garstang ve ark., 2024). Bu son iki çalışma sporcu örneklemine dayanmadığından, bulgular sportif

performansa dikkatle genellenmelidir; yine de hedef belirlemenin en çok fiziksel antrenmanla bütünleştirildiğinde işe yaradığını gösteren ortak bir mesaj taşımaktadırlar.

2.5. ÇOKLU BECERİ (PAKET) PROGRAMLARI

Sahada psikolojik beceriler nadiren tek başına öğretilir; çoğu program imgeleme, kendi kendine konuşma, hedef belirleme, dikkat ve uyarılma kontrolü gibi bileşenleri bir arada sunar. Rekabetçi sporcularda psikolojik müdahaleleri inceleyen kapsamlı bir sistematik derleme ve meta-analizde, 111 çalışmadan 25'i beş ayrı meta-analizde birleştirilebilmiş; çok bileşenli psikolojik beceri antrenmanı ($g = 0,83$) ve imgeleme ($g = 0,75$) kontrol koşullarına göre orta düzeyde üstün bulunmuştur. Ne var ki randomize olmayan çalışmalar ve öznel performans ölçümleri çıkarıldığında genel etki büyüklükleri anlamlılığını yitirmiştir (Reinebo ve ark., 2024). Bu sonuç, paket programların etkisiz olduğunu değil, mevcut kanıtın yöntemsel olarak kırılgan olduğunu göstermektedir.

Paket programların bileşenlerinin birbirini güçlendirebileceğine ilişkin bulgular da mevcuttur. Futbolcularda birleşik bilişsel stratejilerin motor becerilerin gelişiminde tek bir stratejiden daha yararlı olduğu (Slimani ve ark., 2016) ve imgelemenin ek psikolojik becerilerle birleştirildiğinde etkisinin arttığı (Liu ve ark., 2025) raporlanmıştır. Ülkemizden bir yarı deneysel çalışmada, sekiz hafta boyunca tenis antrenmanı öncesinde uygulanan ve imgeleme, odaklanma, kendi kendine konuşma ile nefes kontrolünü içeren zihinsel antrenman programı, ITN test performansını yalnızca tenis antrenmanı yapan gruptaki yüzde 6,35'lik artışa karşın yüzde 16,51 oranında artırmıştır (Yalcin ve ark., 2025).

Psikolojik beceri antrenmanının kısa ve ölçeklenebilir biçimlerde sunulabileceği de gösterilmiştir. 44.742 katılımcının yer aldığı çevrim içi bir müdahale çalışmasında; imgeleme, kendi kendine konuşma ve eğer-ise planlaması tekniklerinden oluşturulan on iki kısa müdahale karşılaştırılmış, sonuç ve süreç odaklı imgeleme ile kendi kendine konuşma kontrol grubuna göre ek performans artışı sağlamış, yönergesel odaklı kısa müdahaleler ise etkili olmamıştır (Lane ve ark., 2016). Söz konusu görevin bilgisayar tabanlı bir yoğunlaşma görevi olduğu göz önüne alındığında, bu bulgunun sportif becerilere aktarımı için saha çalışmalarına gereksinim vardır.

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

İncelenen kanıtlar, imgeleme, kendi kendine konuşma ve hedef belirlemenin sportif performansı destekleyen, kuramsal temeli olan teknikler olduğunu göstermektedir. Meta-analitik düzeyde en güçlü ve en kapsamlı kanıt imgeleme için bulunmaktadır; imgelemenin özellikle fiziksel pratikle birlikte, kişiselleştirilmiş senaryolarla ve düzenli bir dozla

uygulandığında etkili olduğu görülmektedir (Liu ve ark., 2025; Paravlic ve ark., 2018; Simonsmeier ve ark., 2021). Kendi kendine konuşma için orta düzeyde bir genel etki ve içerik-görev uyumunun önemi tutarlı biçimde desteklenmektedir (Hatzigeorgiadis ve ark., 2011; Galanis ve ark., 2022). Hedef belirleme ise kuramsal olarak güçlü olmasına karşın sporcularda yürütülmüş kontrollü deneylerin sayısı görece azdır; mevcut çalışmalar hedeflerin baskı ve zaman kısıtı koşullarında performansı koruyabileceğini ve zorlayıcı hedeflerin üst düzey performansı yukarı çekebileceğini göstermektedir (Kostrna, 2022; Meggs ve Chen, 2019; Robinson, 2022).

Bununla birlikte birkaç sınırlılık dikkate alınmalıdır. İlk olarak, çok sayıda çalışma küçük örneklemlerle, randomizasyon olmaksızın ve öznel performans ölçümleriyle yürütülmüştür; bu çalışmalar çıkarıldığında genel etkilerin zayıflaması (Reinebo ve ark., 2024), alandaki iyimser tablonun temkinle yorumlanmasını gerektirmektedir. İkinci olarak, etkiler performansın her boyutunda aynı değildir; örneğin tenis servisinde isabet ve teknik gelişirken hız değişmemektedir (Deng ve ark., 2024; Robin ve ark., 2022). Üçüncü olarak, müdahalelerin raporlanma biçimi çoğu zaman yinelenebilirliği güçleştirmekte ve PETTLEP gibi çerçevelerin yönergeleri eksik uygulanmaktadır (Behrendt ve ark., 2021; Collins ve Carson, 2017). Son olarak, bu derleme anlatı niteliğinde olup sistematik bir seçim ve kalite değerlendirmesi içermediğinden, sonuçlar kanıtın genel yönünü yansıtan bir özet olarak değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak psikolojik beceri antrenmanı, sporcunun performans potansiyelini desteklemek için uygun maliyetli ve öğrenilebilir bir yaklaşımdır. Mevcut kanıtlar, bu tekniklerin yalıtılmış ve kısa süreli uygulamalar yerine sporcunun gereksinimlerine göre bireyselleştirilmiş, fiziksel antrenmanla bütünleştirilmiş ve en az birkaç haftaya yayılmış programlar içinde sunulmasının daha yararlı olduğunu düşündürmektedir (Brown ve Fletcher, 2017; Walter ve ark., 2019).

3.1. ÖNERİLER

3.2. Uygulamaya Yönelik Öneriler

Antrenörler ve spor psikologları için şu öneriler sıralanabilir: (1) İmgeleme senaryoları PETTLEP bileşenleri gözetilerek sporcuyla birlikte, kişisel olarak anlamlı içerikle hazırlanmalı; uygulama mümkün olduğunca gerçek ortamda, yarışma donanımıyla ve hareketin gerçek hızında yapılmalıdır. (2) İmgeleme için yaklaşık on dakikalık, haftada üç kez yapılan ve birkaç ay sürdürülen kısa ancak düzenli seanslar planlanmalı; imgeleme fiziksel antrenmanın yerine değil, tamamlayıcısı olarak kullanılmalıdır. (3) Kendi kendine konuşma ifadeleri görevin niteliğine göre seçilmeli; teknik öğrenme ve ince motor görevlerde yönergesel, dayanıklılık,

yorgunluk ve sıcak gibi zorlayıcı koşullarda ise motivasyonel ifadeler önceliklendirilmelidir. (4) Sporcunun kendiliğinden ortaya çıkan olumsuz iç konuşmaları fark etmesi ve yeniden yapılandırması için yazılı kendi kendine konuşma planları kullanılmalıdır. (5) Hedefler spesifik, ölçülebilir ve zorlayıcı olmalı; sonuç hedefleri, sporcunun denetiminde olan performans ve süreç hedefleriyle desteklenmeli ve hedefler fiziksel antrenman planına bağlanmalıdır. (6) Teknikler tek tek öğretildikten sonra yarışma öncesi rutinler içinde birleştirilmeli ve programın etkisi nesnel performans göstergeleriyle düzenli olarak izlenmelidir.

3.3. Araştırmaya Yönelik Öneriler

Gelecek çalışmaların randomize kontrollü desenler, yeterli örneklem büyüklüğü ve nesnel performans ölçümleri kullanması; müdahale içeriğini, dozunu ve uygulayıcı özelliklerini ayrıntılı biçimde raporlaması gerekmektedir. Sporcularda hedef belirlemeye ilişkin kontrollü deneylerin artırılması, beceriler arasındaki etkileşimlerin bileşen analizleriyle sınanması ve etkilerin kalıcılığını değerlendiren izlem ölçümlerinin yaygınlaştırılması önerilmektedir. Türkiye'deki sporcu örneklemlerinde kültürel uyarlaması yapılmış programların geliştirilmesi ve sınanması da alana önemli katkılar sağlayacaktır.

4. KAYNAKÇA

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

Basset, F. A., Kelly, L. P., Hohl, R., & Kaushal, N. (2022). Type of self-talk matters: Its effects on perceived exertion, cardiorespiratory, and cortisol responses during an iso-metabolic endurance exercise. *Psychophysiology, 59*(3), e13980. https://doi.org/10.1111/psyp.13980

Behrendt, F., Zumbrunnen, V., Brem, L., Suica, Z., Gäumann, S., Ziller, C., Gerth, U., & Schuster-Amft, C. (2021). Effect of motor imagery training on motor learning in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(18), 9467. https://doi.org/10.3390/ijerph18189467

Brown, D. J., & Fletcher, D. (2017). Effects of psychological and psychosocial interventions on sport performance: A meta-analysis. *Sports Medicine, 47*(1), 77–99. https://doi.org/10.1007/s40279-016-0552-7

Collins, D., & Carson, H. J. (2017). The future for PETTLEP: A modern perspective on an effective and established tool. *Current Opinion in Psychology, 16*, 12–16. https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2017.03.007

Deng, N., Soh, K. G., Abdullah, B. B., & Huang, D. (2024). Does motor imagery training improve service performance in tennis players? A systematic review and meta-analysis. *Behavioral Sciences, 14*(3), 207. https://doi.org/10.3390/bs14030207

Fang, B. B., Lu, F. J. H., Gill, D. L., Chiu, Y. H., Cheng, Y. C., Hsieh, M. H., & Zhang, Z. (2023). Interactive effects of dispositional mindfulness and PETTLEP imagery training on basketball shooting performance: A randomized controlled trial. *Psychology of Sport and Exercise, 65*, 102366. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102366

Galanis, E., Hatzigeorgiadis, A., Charachousi, F., Latinjak, A. T., Comoutos, N., & Theodorakis, Y. (2022). Strategic self-talk assists basketball free throw performance under conditions of

physical exertion. *Frontiers in Sports and Active Living, 4*, 892046. https://doi.org/10.3389/fspor.2022.892046

Garstang, K. R., Jackman, P. C., Healy, L. C., Cooper, S. B., & Magistro, D. (2024). What effect do goal setting interventions have on physical activity and psychological outcomes in insufficiently active adults? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Physical Activity and Health, 21*(6), 541–553. https://doi.org/10.1123/jpah.2023-0340

Hatzigeorgiadis, A., Zourbanos, N., Galanis, E., & Theodorakis, Y. (2011). Self-talk and sports performance: A meta-analysis. *Perspectives on Psychological Science, 6*(4), 348–356. https://doi.org/10.1177/1745691611413136

Holmes, P. S., & Collins, D. J. (2001). The PETTLEP approach to motor imagery: A functional equivalence model for sport psychologists. *Journal of Applied Sport Psychology, 13*(1), 60–83. https://doi.org/10.1080/10413200109339004

Kostrna, J. (2022). Effects of time constraints and goal setting on basketball shooting. *Frontiers in Psychology, 13*, 923061. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.923061

Lane, A. M., Totterdell, P., MacDonald, I., Devonport, T. J., Friesen, A. P., Beedie, C. J., Stanley, D., & Nevill, A. (2016). Brief online training enhances competitive performance: Findings of the BBC Lab UK psychological skills intervention study. *Frontiers in Psychology, 7*, 413. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00413

Liu, Y., Zhao, S., Zhang, X., Zhang, X., Liang, T., & Ning, Z. (2025). The effects of imagery practice on athletes' performance: A multilevel meta-analysis with systematic review. *Behavioral Sciences, 15*(5), 685. https://doi.org/10.3390/bs15050685

Lochbaum, M., & Lane, A. M. (2025). Mapping 50 years of sport psychology–performance meta-analyses: A PRISMA-ScR scoping review. *Sports, 13*(12), 420. https://doi.org/10.3390/sports13120420

Lochbaum, M., Stoner, E., Hefner, T., Cooper, S., Lane, A. M., & Terry, P. C. (2022). Sport psychology and performance meta-analyses: A systematic review of the literature. *PLOS ONE, 17*(2), e0263408. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263408

Locke, E. A., & Latham, G. P. (2002). Building a practically useful theory of goal setting and task motivation: A 35-year odyssey. *American Psychologist, 57*(9), 705–717. https://doi.org/10.1037/0003-066x.57.9.705

Lu, Y., Yu, K., & Gan, X. (2022). Effects of a SMART goal setting and 12-week core strength training intervention on physical fitness and exercise attitudes in adolescents: A randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(13), 7715. https://doi.org/10.3390/ijerph19137715

Meggs, J., & Chen, M. A. (2019). Competitive performance effects of psychological skill training for youth swimmers. *Perceptual and Motor Skills, 126*(5), 886–903. https://doi.org/10.1177/0031512519852533

Paravlic, A. H., Slimani, M., Tod, D., Marusic, U., Milanovic, Z., & Pisot, R. (2018). Effects and dose–response relationships of motor imagery practice on strength development in healthy adult populations: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine, 48*(5), 1165–1187. https://doi.org/10.1007/s40279-018-0874-8

Reinebo, G., Alfonsson, S., Jansson-Fröjmark, M., Rozental, A., & Lundgren, T. (2024). Effects of psychological interventions to enhance athletic performance: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine, 54*(2), 347–373. https://doi.org/10.1007/s40279-023-01931-z

Robin, N., Dominique, L., Guillet-Descas, E., & Hue, O. (2022). Beneficial effects of motor imagery and self-talk on service performance in skilled tennis players. *Frontiers in Psychology, 13*, 778468. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.778468

Robinson, M. A. (2022). Glimpsing the impossible: How artificially enhanced targets improve elite performance. *Journal of Sport & Exercise Psychology, 44*(3), 177–188. https://doi.org/10.1123/jsep.2021-0034

Simonsmeier, B. A., Andronie, M., Buecker, S., & Frank, C. (2021). The effects of imagery interventions in sports: A meta-analysis. *International Review of Sport and Exercise Psychology, 14*(1), 186–207. https://doi.org/10.1080/1750984x.2020.1780627

Slimani, M., Bragazzi, N. L., Tod, D., Dellal, A., Hue, O., Cheour, F., Taylor, L., & Chamari, K. (2016). Do cognitive training strategies improve motor and positive psychological skills development in soccer players? Insights from a systematic review. *Journal of Sports Sciences, 34*(24), 2338–2349. https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1254809

Tod, D., Edwards, C., McGuigan, M., & Lovell, G. (2015). A systematic review of the effect of cognitive strategies on strength performance. *Sports Medicine, 45*(11), 1589–1602. https://doi.org/10.1007/s40279-015-0356-1

Wallace, P. J., McKinlay, B. J., Coletta, N. A., Vlaar, J. I., Taber, M. J., Wilson, P. M., & Cheung, S. S. (2017). Effects of motivational self-talk on endurance and cognitive performance in the heat. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 49*(1), 191–199. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001087

Walter, N., Nikoleizig, L., & Alfermann, D. (2019). Effects of self-talk training on competitive anxiety, self-efficacy, volitional skills, and performance: An intervention study with junior sub-elite athletes. *Sports, 7*(6), 148. https://doi.org/10.3390/sports7060148

Williamson, O., Swann, C., Bennett, K. J., Bird, M. D., Goddard, S. G., Schweickle, M. J., & Jackman, P. C. (2024). The performance and psychological effects of goal setting in sport: A systematic review and meta-analysis. *International Review of Sport and Exercise Psychology, 17*(2), 1050–1078. https://doi.org/10.1080/1750984x.2022.2116723

Wright, B. J., O'Halloran, P. D., & Stukas, A. A. (2016). Enhancing self-efficacy and performance: An experimental comparison of psychological techniques. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 87*(1), 36–46. https://doi.org/10.1080/02701367.2015.1093072

Yalcin, I., Genc, H., Bayram, A., Sezer, B. S., Isik, O., Gumus, H., & Novak, D. (2025). The effect of an 8-week mental training program on ITN test performances of tennis players. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, 18*(1), 23. https://doi.org/10.1186/s13102-025-01463-1

KADINLARDA FARKLI KIRILGANLIK DÜZEYLERİNE GÖRE SOLUNUM KAS KUVVETİ VE PELVİK TABAN SEMPTOMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Uzm. Fzt. Sinem ÖZYÜN*
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, 14030 Bolu, Türkiye; sinemozyun@gmail.com
ORCID: 0009-0000-0365-0189
Dr. Öğr. Üyesi Ceyhun TOPCUOĞLU
Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Elazığ, Türkiye; ceyhuntopcuoglu1@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5823-0851
Prof. Dr. Eylem TÜTÜN YÜMİN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, 14030 Bolu, Türkiye; tutun_e@ibu.edu.tr
ORCID: 0009-0002-6994-9391

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, farklı kırılganlık düzeylerindeki kadınlarda solunum kas kuvveti ile pelvik taban semptom yükünü karşılaştırmak ve kırılganlık durumunun bu değişkenlerle ilişkisini değerlendirmektir.

Yöntem: Kesitsel tasarımdaki bu çalışmaya 40 yaş ve üzeri kadınlar dahil edilmiştir. Katılımcıların kırılganlık durumları FRAIL Ölçeği ile değerlendirilerek kırılgan olmayan (0 puan), kırılganlık öncesi (1–2 puan) ve kırılgan (≥3 puan) olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Pelvik taban semptomları Pelvik Taban Distress Envanteri-20 (PFDI-20) kullanılarak, solunum kas kuvveti ise taşınabilir elektronik bir ağız basıncı ölçüm cihazı yardımıyla maksimal inspiratuar basınç (MIP) ve maksimal ekspiratuar basınç (MEP) ölçümleriyle değerlendirilmiştir.

Bulgular: Gruplar arasında MIP veya MEP değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0.05$). Korelasyon analizleri, yalnızca MIP ve MEP arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif bir ilişki bulunduğunu göstermiştir ($p < 0.001$). FRAIL Ölçeği puanı ile solunum kas kuvveti ölçümleri veya toplam PFDI-20 puanı arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ($p > 0.05$). Benzer şekilde, toplam PFDI-20 puanı ile solunum kas kuvveti ölçümleri arasında da anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir ($p > 0.05$).

Sonuç: Orta yaşlı kadınlarda kırılganlık durumunun solunum kas kuvveti veya pelvik taban semptom yüküyle anlamlı bir ilişkisi saptanmamıştır. Bununla birlikte, kırılgan gruptaki katılımcı sayısının azlığı ve çalışmanın kesitsel tasarımı elde edilen bulguları etkilemiş olabilir. Kırılganlık, solunum kas kuvveti ve pelvik taban sağlığı arasındaki ilişkilerin daha kapsamlı bir şekilde ortaya konabilmesi için daha geniş örneklemli prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Kırılganlık, solunum kas kuvveti, pelvik taban semptomları, kadın sağlığı, FRAIL Ölçeği.

COMPARISON OF RESPIRATORY MUSCLE STRENGTH AND PELVIC FLOOR SYMPTOMS IN WOMEN ACCORDING TO FRAILTY STATUS

ABSTRACT

Objective: This study aimed to compare respiratory muscle strength and pelvic floor symptoms among women with different frailty levels and to investigate the associations between frailty status and these variables.

Methods: This cross-sectional study included women aged 40 years and older. Participants were classified according to their FRAIL Scale scores as non-frail (score 0), prefrail (score 1–2), or frail (score ≥3). Frailty status was assessed using the FRAIL Scale, pelvic floor symptoms were evaluated using the Pelvic Floor Distress Inventory-20 (PFDI-20), and respiratory muscle strength was assessed by measuring maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP).

Results: No statistically significant differences were found among the groups in MIP or MEP, either in absolute values or as a percentage of predicted values ($p > 0.05$). Correlation analyses revealed a statistically significant positive association only between MIP and MEP ($p < 0.001$). No significant associations were found between the FRAIL Scale score and respiratory muscle strength measurements or the total PFDI-20 score ($p > 0.05$). Similarly, no significant associations were observed between the total PFDI-20 score and respiratory muscle strength measurements ($p > 0.05$).

Conclusion: Frailty status was not significantly associated with differences in respiratory muscle strength or pelvic floor symptom burden among middle-aged women. However, the small number of participants in the frail group and the cross-sectional design may have influenced the findings. Further prospective studies involving larger samples are warranted to provide a more comprehensive understanding of the relationships between frailty, respiratory muscle strength, and pelvic floor health.

Keywords: Frailty, respiratory muscle strength, pelvic floor symptoms, women's health, FRAIL Scale.

1.INTRODUCTION

Frailty is a multidimensional clinical condition characterized by reduced physiological reserves and increased vulnerability to stressors, resulting in a greater risk of adverse health outcomes (Hoogendijk et al.,2019). Although a universally accepted definition of frailty has not been established, it is widely recognized as an important indicator of declining physiological function

and increased susceptibility to disability, hospitalization, and mortality (De Biasio et al.,2020; Orkaby et al.,2026). A systematic review and meta-analysis of population-based studies from 62 countries reported that the prevalence of frailty among individuals aged 50 years and older ranged from 12% to 24%, whereas the prevalence of prefrailty ranged from 46% to 49%. The same study indicated that frailty was more prevalent and generally more pronounced among women (O'Caoimh et al.,2021). Given these findings, identifying functional impairments associated with different frailty levels may contribute to a more comprehensive understanding of the clinical characteristics of women at risk of adverse health outcomes.

Respiratory muscle strength is an important component of respiratory function and physical performance (Kowalski et al.,2025; Conteras-Briceno et al.,2025). Maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP) provide non-invasive measures of inspiratory and expiratory muscle strength, respectively (Evans &Whitelaw,2009). Previous studies have suggested that respiratory muscle strength may be associated with frailty independently of conventional spirometric parameters (Bahat et al.,2014). Pegorari et al.(2013) reported a relationship between frailty and respiratory function in community-dwelling older adults, demonstrating that maximal respiratory pressures may differ according to frailty status even when spirometric measurements do not show comparable differences (Pegorari et al.,2013). Similarly, Vidal et al.(2020) found that individuals classified as frail or prefrail had lower inspiratory and expiratory muscle strength than their non-frail counterparts (Vidal et al.,2020). These findings suggest that respiratory muscle assessment may provide complementary information when evaluating functional vulnerability. However, the relationship between frailty and respiratory muscle strength may be influenced by age, comorbidities, and other characteristics of the population under investigation, highlighting the need to examine these parameters in clearly defined populations (Pegorari et al.,2013).

Pelvic floor health represents another clinically relevant aspect of women's health that may be associated with frailty (Gordon et al.,2022). Pelvic floor disorders encompasses a range of symptoms, including urinary and colorectal-anal complaints and symptoms related to pelvic organ prolapse (Peinado-Molina et al.,2023). These symptoms may adversely affect daily activities, physical functioning, and quality of life. Evidence suggests that pelvic floor symptoms and frailty may coexist in middle-aged and older women. Gordon et al.(2022) reported an association between poor pelvic floor health and frailty among individuals aged 40–75 years (Gordon et al.,2022). Furthermore, studies investigating women with symptomatic pelvic organ prolapse and urinary incontinence have reported associations between pelvic floor

symptoms and reduced respiratory muscle strength, particularly expiratory muscle strength (Azevedo et al.,2021; Abidi et al.,2022). These findings are clinically relevant because respiratory and pelvic floor muscles contribute to pressure regulation within the trunk and may be involved in functional activities such as coughing, lifting, and postural stabilization (Hodges et al.,2007).

The relationship between frailty and pelvic floor dysfunction has also been investigated in studies focusing on urinary incontinence. Kang and Kim(2018) reported an association between urinary incontinence and physical frailty, supporting the potential relevance of pelvic floor symptoms when evaluating frailty-related health problems (Kang & Kim,2018). In addition, previous research has suggested that frailty is associated with reduced respiratory muscle strength and poorer pelvic floor health (Vidal et al.,2020; Gordon et al.,2022). Nevertheless, respiratory muscle strength and pelvic floor symptoms have largely been examined separately in relation to frailty. Evidence comparing these two domains simultaneously across different frailty categories in women remains limited. Evaluating both outcomes within the same population may help clarify whether respiratory muscle weakness and pelvic floor symptom burden vary across frailty levels and whether these measures are associated with frailty severity. Therefore, this study aimed to compare respiratory muscle strength and pelvic floor symptoms among women classified as non-frail, prefrail, or frail according to the FRAIL Scale. A secondary aim was to examine the associations between frailty scores, maximal respiratory pressures, and pelvic floor symptom severity. We hypothesized that women with higher frailty levels would demonstrate lower MIP and MEP values and greater pelvic floor symptom burden than non-frail women.

2.MATERIAL AND METHODS

2.1.Study Design and Participants

This observational, cross-sectional study was designed to compare respiratory muscle strength and pelvic floor symptoms among women with different frailty levels. The study was conducted at Beşkavaklar, Gölyüzü, and Borazanlar Family Health Centers in Bolu, Türkiye, and at the Department of Physiotherapy and Rehabilitation, Faculty of Health Sciences, Bolu Abant İzzet Baysal University. Recruitment was planned following ethical approval, with an anticipated study duration of 18 months.

Women aged 40 years and older were eligible for inclusion if they were literate and willing to participate in the study. The exclusion criteria were acute or chronic respiratory disease, a

history of corrective surgery for pelvic organ defects, malignancy involving the pelvic organs or lungs, and a diagnosed psychiatric disorder.

Participants were classified into three groups according to their total FRAIL Scale scores: non-frail (score 0), prefrail (score 1–2), and frail (score ≥3) (Morley et al.,2012). This classification enabled comparisons of respiratory muscle strength and pelvic floor symptom burden across increasing levels of frailty.

2.2.Study Procedure and Data Collection

All assessments were performed during a single session by the same physiotherapist. Participants' sociodemographic characteristics, medical history, obstetric history, and menstrual status were recorded using a structured assessment form.

The collected information included age, body weight, height, comorbidities, medical and family history, gravidity, parity, abortion history, curettage history, and number of living children. Menstrual and menopausal characteristics, including menstrual regularity, natural or surgical menopause, age at menopause, and duration of menopause, were also recorded where applicable.

Frailty status was assessed using the FRAIL Scale, pelvic floor symptoms were evaluated using the Pelvic Floor Distress Inventory-20 (PFDI-20), and respiratory muscle strength was measured using a portable electronic mouth pressure device. The assessments were conducted according to the procedures described below.

2.3.Frailty Assessment

Frailty was assessed using the FRAIL Scale, a five-item screening instrument developed by Morley et al.(2012). The Turkish version has undergone validity and reliability evaluation. The scale assesses five domains: fatigue, resistance, ambulation, illnesses, and loss of weight. Each item is scored dichotomously as 0 or 1, yielding a total score ranging from 0 to 5. Participants scoring 0 were classified as non-frail, those scoring 1–2 as prefrail, and those scoring 3 or higher as frail. Higher scores indicate a greater burden of frailty-related characteristics (Morley et al.,2012; Hymabaccus et al.,2023).

2.4.Assessment of Pelvic Floor Symptoms

Pelvic floor symptoms were assessed using the Pelvic Floor Distress Inventory-20 (PFDI-20), developed by Barber et al.(2005). The Turkish version has demonstrated validity and reliability. The PFDI-20 comprises 20 items across three subscales: the Pelvic Organ Prolapse Distress Inventory-6 (POPDI-6), the Colorectal-Anal Distress Inventory-8 (CRADI-8), and the Urinary Distress Inventory-6 (UDI-6). These subscales assess symptoms associated with pelvic organ

prolapse, colorectal-anal dysfunction, and urinary dysfunction, respectively. Each item is scored according to the presence and severity of the relevant symptom. A score of 0 indicates the absence of the symptom, whereas scores from 1 to 4 represent increasing symptom severity. For each subscale, the mean item score is multiplied by 25 to obtain a subscale score ranging from 0 to 100. The three subscale scores are then summed to calculate the total PFDI-20 score, which ranges from 0 to 300. Higher scores indicate a greater burden of pelvic floor dysfunction symptoms (Barber et al.,2005; Toprak Celenay et al.,2012).

2.5.Assessment of Respiratory Muscle Strength

Respiratory muscle strength was assessed using a portable electronic mouth pressure meter (MEC Pocket-Spiro® MPM 100), following the respiratory muscle testing principles described in the American Thoracic Society/European Respiratory Society statement. Maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP) were recorded in cmH_2O. For MIP measurement, participants were instructed to perform a maximal expiration before generating a maximal inspiratory effort lasting 1–3 seconds, with the nose occluded using a nose clip. For MEP measurement, participants first performed a maximal inspiration and then generated a maximal expiratory effort lasting 1–3 seconds while wearing the nose clip. Each measurement was repeated three times. Repeated measurements were continued until the difference between the highest values was no greater than 10 cmH_2O or 10%, according to the protocol specified in the study documentation. The highest acceptable values were retained for statistical analysis (Evans & Whitelaw,2009; Aymerich et al.,2021). The measured respiratory pressures were interpreted with reference to the equations reported by Black and Hyatt (Black & Hyatt, 1969).

2.6.Ethical Considerations

The study protocol was approved by the Clinical Research Ethics Committee of Bolu Abant İzzet Baysal University on November 7, 2023 (Decision No. 2023/350). The study was conducted in accordance with the approved protocol. Written informed consent was obtained from all participants prior to their inclusion in the study.

2.7.Statistical Analysis

The ethics application specified descriptive statistics, assessment of normality using the Shapiro–Wilk test, and group comparisons using parametric or non-parametric methods as appropriate. Continuous variables were planned to be summarized as means and standard deviations or medians and minimum–maximum values, while categorical variables were to be presented as frequencies and percentages. For variables meeting the relevant assumptions,

group comparisons were planned using analysis of variance; the Kruskal–Wallis test was specified for non-normally distributed variables. Where statistically significant differences were identified, appropriate post hoc comparisons were planned to determine which groups differed. A significance level of $p<0.05$ was specified. The final statistical analysis subsection must be aligned with the analyses actually performed on the completed dataset, including the software used, the specific post hoc procedures, and the methods used to examine associations between frailty, respiratory muscle strength, and PFDI-20 scores (Hayran,2012).

3.RESULTS

The sociodemographic, medical, and obstetric characteristics of the participants according to frailty status are presented in Table 1. A statistically significant overall difference was observed in body weight among the non-frail, prefrail, and frail groups ($p = 0.042$). Mean body weight was 65.82 ± 9.88 kg in the non-frail group, 74.13 ± 10.70 kg in the prefrail group, and 92.50 ± 45.96 kg in the frail group. However, post hoc pairwise comparisons revealed no statistically significant differences between any of the groups. No statistically significant differences were observed among the groups in age, height, gravidity, parity, abortion history, curettage history, menstrual cycle status, age at menopause, or duration of menopause (all $p > 0.05$). Educational status was also not significantly associated with frailty status ($p = 0.327$) **(Table 1)**.

The FRAIL Scale total scores and respiratory muscle strength measurements according to frailty status are presented in Table 2. The FRAIL Scale total score differed significantly among the non-frail, prefrail, and frail groups ($p < 0.001$). Post hoc pairwise comparisons revealed significant differences between the non-frail and prefrail groups ($p < 0.001$), the non-frail and frail groups ($p = 0.001$), and the prefrail and frail groups ($p = 0.007$). FRAIL Scale total scores increased progressively with frailty status. No statistically significant differences were observed among the groups in maximum inspiratory pressure (MIP), either in absolute values ($p = 0.083$) or as a percentage of predicted values ($p = 0.094$). Similarly, maximum expiratory pressure (MEP) did not differ significantly among the groups when expressed as absolute values ($p = 0.135$) or as a percentage of predicted values ($p = 0.147$) **(Table 2)**.

Correlation analyses were performed to examine the relationships among FRAIL Scale total score, maximum inspiratory pressure (MIP), maximum expiratory pressure (MEP), and Pelvic Floor Distress Inventory-20 (PFDI-20) total score. A statistically significant correlation was observed only between MIP and MEP ($p < 0.001$). No statistically significant correlations were found between the FRAIL Scale total score and the other variables or between PFDI-20 total score and respiratory muscle strength measurements (all $p > 0.05$) **(Figure 1)**.

4.DISCUSSION

In this study, respiratory muscle strength and pelvic floor symptoms were evaluated across women with differing frailty levels categorized by the FRAIL Scale. Contrary to our initial hypothesis, higher frailty status did not correspond to a statistically significant decrease in measured respiratory muscle strength or an elevation in self-reported pelvic floor symptom burden. The sole statistically significant correlation identified was a strong positive association between maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP) ($p < 0.001$) (Figure 1).

Existing literature on respiratory muscle weakness and frailty or prefrailty focuses almost exclusively on populations aged 60 years and above (Pegorari et al.,2013; Maciel et al.,2018; Vidal et al.,2020; Garnkhan et al., 2026;). These studies consistently show that frail and prefrail older adults present with lower MIP and MEP values than their robust peers. Similarly, the link between poor pelvic floor health and frailty has mainly been documented in older cohorts (Gordon et al.,2022). In contrast, the functional profile of middle-aged women across frailty categories remains largely underreported.

Two primary factors likely account for why our findings diverge from published data in older adults. First, age-related changes in respiratory muscle physiology must be taken into account. Although respiratory muscle strength declines progressively with advancing age, this decline follows a relatively stable plateau until roughly age 55–60, after which a more pronounced drop occurs (Carpenter et al.,1999; Maciel et al.,2018). Because the mean age of our sample was relatively low participants were likely assessed within a physiological window where meaningful respiratory muscle loss may not have yet occurred. This suggests that frailty in middle-aged women may not yet present as measurable respiratory muscle weakness.

Second, the nature of the evaluation tools should be considered. MIP and MEP directly measure maximum force generation of the respiratory muscles in an objective, quantitative manner. In contrast, the PFDI-20 measures perceived symptom distress and self-reported burden rather than pelvic floor muscle strength itself (Barber et al.,2005; Toprak Celenay et al.,2012). Early or mild physical declines do not always translate into perceived symptoms; conversely, symptom scores can be influenced by factors like tissue compliance, obstetric history, or individual perception even when muscle strength remains intact. A divergence between objective strength measures and subjective symptom questionnaires across frailty levels might therefore be expected.

Additionally, a selection bias might have influenced the sample: women who were able to travel to the health centers for evaluation could have been relatively more mobile and may have possessed higher functional capacity compared to the broader frail population residing in the community (Hayran, 2012). Furthermore, mean body weight was numerically higher in the frail group, potentially suggesting greater mechanical loading on the pelvic floor. Although the overall comparison among groups was statistically significant, post hoc pairwise comparisons revealed no significant differences. The very small number of participants in the frail group (n = 2) limits the interpretation of this finding.

4.1.Study Limitations

Several limitations of this study should be noted. The most notable is the small number of participants in the frail group (n = 2), creating an uneven distribution across frailty categories. Second, the cross-sectional design prevents any conclusions regarding causal relationships between frailty, respiratory pressures, and pelvic floor symptoms. Finally, pelvic floor health was assessed using self-reported questionnaire scores alone pelvic floor muscle strength was not directly measured using clinical methods such as digital palpation or perineometry.

5.CONCLUSION

This study indicates that frailty status in middle-aged women is not accompanied by significant reductions in directly measured respiratory muscle strength or increases in self-reported pelvic floor symptom burden. In contrast to findings in older populations, functional reserves appear largely preserved during middle age.

From a clinical standpoint, these findings highlight the importance of monitoring frailty status and maintaining physical function in middle-aged women. However, further longitudinal studies are needed to determine whether early physiotherapy interventions can help preserve respiratory muscle strength and pelvic floor health as frailty progresses. Future prospective longitudinal studies following women as they transition from middle to older age, alongside objective strength testing of the pelvic floor in larger cohorts, will help clarify these relationships over time.

REFERENCES

Abidi, S., Ghram, A., Ghroubi, S., Ahmaidi, S., Elleuch, M. H., Girard, O., Papasavvas, T., Laukkanen, J., Ben Saad, H., Knechtle, B., Weiss, K., & Chlif, M. (2022). Impact of Urinary Incontinence on Physical Function and Respiratory Muscle Strength in Incontinent Women: A Comparative Study between Urinary Incontinent and Apparently Healthy Women. *Journal of clinical medicine*, *11*(24), 7344. https://doi.org/10.3390/jcm11247344

Aymerich, C., Rodríguez-Lázaro, M., Solana, G., Farré, R., & Otero, J. (2021). Low-Cost Open-Source Device to Measure Maximal Inspiratory and Expiratory Pressures. *Frontiers in physiology*, *12*, 719372. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.719372

Azevedo, I. G., Sousa, S. L. O., Viana, E. S. R., Dantas, D. S., Maciel, Á. C. C., & Da Câmara, S. M. A. (2021). Relationship between symptomatic pelvic organ prolapse and respiratory muscle strength in middle-aged and older women in Northeast Brazil: a cross-sectional study. *Physiotherapy theory and practice*, *37*(6), 755–761. https://doi.org/10.1080/09593985.2019.1642428

Bahat, G., Tufan, A., Ozkaya, H., Tufan, F., Akpinar, T. S., Akin, S., Bahat, Z., Kaya, Z., Kiyan, E., Erten, N., & Karan, M. A. (2014). Relation between hand grip strength, respiratory muscle strength and spirometric measures in male nursing home residents. *The aging male : the official journal of the International Society for the Study of the Aging Male*, *17*(3), 136–140. https://doi.org/10.3109/13685538.2014.936001

Barber, M. D., Walters, M. D., & Bump, R. C. (2005). Short forms of two condition-specific quality-of-life questionnaires for women with pelvic floor disorders (PFDI-20 and PFIQ-7). *American journal of obstetrics and gynecology*, *193*(1), 103–113. https://doi.org/10.1016/j.ajog.2004.12.025

Black, L. F., & Hyatt, R. E. (1969). Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *The American review of respiratory disease*, *99*(5), 696–702. https://doi.org/10.1164/arrd.1969.99.5.696

Carpenter, M. A., Tockman, M. S., Hutchinson, R. G., Davis, C. E. & Heiss, G. (1999). Demographic and anthropometric correlates of maximum inspiratory pressure: The Atherosclerosis Risk in Communities Study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *159*(2), 415–422. https://doi.org/10.1164/ajrccm.159.2.9708076

Contreras-Briceño, F., Manchado-Gobatto, F. B., & Wiecha, S. (2025). Editorial: Tailored respiratory muscle training for athletes, patients, and vulnerable groups. *Frontiers in sports and active living*, *7*, 1704447. https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1704447

De Biasio, J. C., Mittel, A. M., Mueller, A. L., Ferrante, L. E., Kim, D. H., & Shaefi, S. (2020). Frailty in Critical Care Medicine: A Review. *Anesthesia and analgesia*, *130*(6), 1462–1473. https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000004665

Evans, J. A., & Whitelaw, W. A. (2009). The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respiratory care*, *54*(10), 1348–1359.

Garnkhan, N., Thanawattano, C., & Yuenyongchaiwat, K. (2026). Beneficial effects of a novel inspiratory muscle training device on respiratory muscle strength and submaximal functional capacity in community-dwelling older Thai adults: a randomized controlled trial. *PeerJ*, *14*, e21072. https://doi.org/10.7717/peerj.21072

Gordon, S. J., Grimmer, K. A. & Baker, N. (2022). Poor pelvic floor health is associated with frailty in 40–75 year olds. *Australian and New Zealand Continence Journal*, *28*(3), 59–70.

Hayran, O. (2012). *Sağlık bilimlerinde araştırma ve istatistik yöntemler*. Nobel Tıp Kitabevi.

Hodges, P. W., Sapsford, R., & Pengel, L. H. (2007). Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles. *Neurourology and urodynamics*, *26*(3), 362–371. https://doi.org/10.1002/nau.20232

Hoogendijk, E. O., Afilalo, J., Ensrud, K. E., Kowal, P., Onder, G., & Fried, L. P. (2019). Frailty: implications for clinical practice and public health. *Lancet (London, England)*, *394*(10206), 1365–1375. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31786-6

Hymabaccus, B. A. B., Dogrul, R. T., Balcı, C., Ozsurekcı, C., Calıskan, H., Karabulut, E., Halıl, M., Cankurtaran, M., & Dogu, B. B. (2023). An effective and practical tool to assess physical frailty in older adults: Turkish validation of the FRAIL Scale. Marmara Medical Journal, 36(2), 149-156. https://doi.org/10.5472/marumj.1297696

Kang, J., & Kim, C. (2018). Association between urinary incontinence and physical frailty in Korea. *Australasian journal on ageing*, *37*(3), E104–E109. https://doi.org/10.1111/ajag.12556

Kowalski, T., Wilk, A., Klusiewicz, A., Pawliczek, W., Wiecha, S., Szczepańska, B., & Malczewska-Lenczowska, J. (2025). Reference values for respiratory muscle strength measured with the S-Index Test in well-trained athletes, e-sports athletes and age-matched controls. *Experimental physiology*, *110*(11), 1695–1704. https://doi.org/10.1113/EP091938

Morley, J. E., Malmstrom, T. K., & Miller, D. K. (2012). A simple frailty questionnaire (FRAIL) predicts outcomes in middle aged African Americans. *The journal of nutrition, health & aging*, *16*(7), 601–608. https://doi.org/10.1007/s12603-012-0084-2

O'Caoimh, R., Sezgin, D., O'Donovan, M. R., Molloy, D. W., Clegg, A., Rockwood, K., & Liew, A. (2021). Prevalence of frailty in 62 countries across the world: a systematic review and meta-analysis of population-level studies. *Age and ageing*, *50*(1), 96–104. https://doi.org/10.1093/ageing/afaa219
Orkaby, A. R., Schwartz, A. W., & Callahan, K. E. (2026). Frailty. *Annals of internal medicine*, *179*(2), ITC17–ITC32. https://doi.org/10.7326/ANNALS-25-04412
Pegorari, M. S., Ruas, G., & Patrizzi, L. J. (2013). Relationship between frailty and respiratory function in the community-dwelling elderly. *Brazilian journal of physical therapy*, *17*(1), 9–16. https://doi.org/10.1590/s1413-35552012005000065
Peinado-Molina, R. A., Hernández-Martínez, A., Martínez-Vázquez, S., Rodríguez-Almagro, J., & Martínez-Galiano, J. M. (2023). Pelvic floor dysfunction: prevalence and associated factors. *BMC public health*, *23*(1), 2005. https://doi.org/10.1186/s12889-023-16901-3
Toprak Celenay, S., Akbayrak, T., Kaya, S., Ekici, G., & Beksac, S. (2012). Validity and reliability of the Turkish version of the Pelvic Floor Distress Inventory-20. *International urogynecology journal*, *23*(8), 1123–1127. https://doi.org/10.1007/s00192-012-1729-8
Vidal, M.B., Pegorari, M.S., Santos, E.D., Matos, A.P., Pinto, A.C., & Ohara, D.G. (2020). Respiratory muscle strength for discriminating frailty in community-dwelling elderly: a cross-sectional study. *Archives of gerontology and geriatrics, 89*, 104082. https://doi.org/10.1016/j.archger.2020.104082

Table 1. Sociodemographic, medical, and obstetric characteristics according to frailty status

Variable		Non-frail (n=11)	Prefrail (n=16)	Frail (n=2)	p-value	Test value
Age (years)		49.00±6.63	48.88±7.90	44.50±2.12	0.712	F= 0.345
Body weight (kg)		65.82±9.88	74.13±10.70	92.50±45.96	**0.042***	F= 3.602
Height (cm)		157.73±5.59	157.50±7.37	157.00±4.24	0.989	F= 0.011
Educational status	Primary school	1 (% 9.1)	2 (% 12.5)	0 (0)	0.327	Fisher's exact test= 6.645
	Middle school	0 (0)	3 (% 18.8)	0 (0)		
	High school	4 (% 36.4)	3 (% 18.8)	2 (% 100)		
	University	6 (% 54.5)	8 (% 50.0)	0 (0)		
Gravidity		2.73±1.90	2.69±1.35	2.00±0.00	0.692	H= 0.736
Parity		2.00±0.89	2.19±0.98	2.00±0.00	0.921	H= 0.165
Abortion history		0.09±0.30	0.19±0.54	0.00±0.00	0.842	H= 0.344
Curettage history		0.64±1.21	0.31±0.79	0.00±0.00	0.631	H= 0.921
Menstrual cycle	Regular	5 (% 45.5)	6 (% 37.5)	1 (% 50.0)	1.000	Fisher's exact test= 1.066
	Irregular	2 (% 18.2)	3 (% 18.8)	0 (0)		
	Menopause	4 (% 36.4)	7 (%43.8)	1 (% 50.0)		
Age at menopause (years)		48.00±4.69	48.29±3.50	42.00±0.00	0.363	F= 1.137
Duration of menopause (years)		7.00±4.76	5.00±5.03	4.00±0.00	0.653	H= 0.853

Values are presented as mean ± standard deviation (SD) or n (%). H: Kruskal–Wallis H test; F: one-way ANOVA F statistic; Fisher's exact test: Fisher-Freeman-Halton exact test with Monte Carlo estimation for categorical variables. *p < 0.05.

Variable	Non-frail (n=11)	Prefrail (n=16)	Frail (n=2)	p-value	Test value
FRAIL Scale total score	0±0	1.25±0.45	3.00±0.00	**<0.001***	H= 24.965
MIP (cmH₂O)	45.91±14.62	54.38±9.12	62.50±3.54	0.083	F= 2.742
MIP (%)	57.12±18.39	67.47±10.08	75.61±3.52	0.094	F= 2.595
MEP (cmH₂O)	51.00±13.37	56.19±9.19	67.50±3.54	0.135	F= 2.166
MEP (%)	34.43±9.02	37.94±5.73	45.00±2.25	0.147	H= 3.841

Table 2. FRAIL Scale scores and respiratory muscle strength according to frailty status

Values are presented as mean ± standard deviation (SD). MIP: maximum inspiratory pressure; MEP: maximum expiratory pressure; MIP (%): maximum inspiratory pressure expressed as a percentage of the predicted value; MEP (%): maximum expiratory pressure expressed as a percentage of the predicted value. H: Kruskal–Wallis H test; F: one-way ANOVA F statistic. *p < 0.05.

Table 3. Pelvic Floor Distress Inventory-20 scores according to frailty status

Variable	Non-frail (n=11)	Prefrail (n=16)	Frail (n=2)	p-value	Test value
PFDI-20 total score	43.46±41.76	46.44±43.38	86.98±96.49	0.830	0.373
POPDI-6 score	12.50±15.70	16.40±17.51	16.67±23.57	0.850	0.326
CRADI-8 score	13.92±15.71	16.24±14.60	14.06±11.05	0.815	0.409
UDI-6 score	17.04±17.02	13.80±22.29	56.25±61.87	0.268	2.631

Values are presented as mean ± standard deviation (SD). PFDI-20: Pelvic Floor Distress Inventory-20; POPDI-6: Pelvic Organ Prolapse Distress Inventory-6; CRADI-8: Colorectal-Anal Distress Inventory-8; UDI-6: Urinary Distress Inventory-6. H: Kruskal–Wallis H test; F: one-way ANOVA F statistic. *p < 0.05.

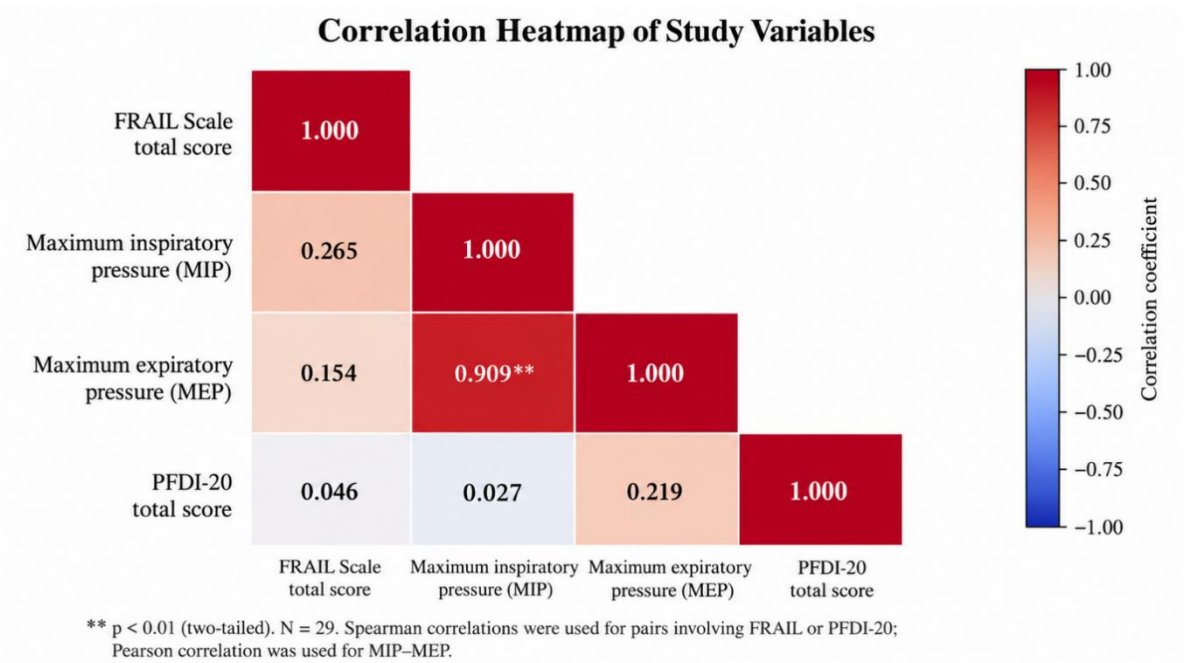


Figure 1. Associations between frailty, respiratory muscle strength, and pelvic floor symptom burden

OKUL YÖNETİMİNDE ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ KULLANIMI: İNSAN DENETİMİ VE ETİK SORUMLULUK ÜZERİNE BİR DOKÜMAN İNCELEMESİ

Doç.Dr. Reşat Timuçin ÖZKAN
Akdeniz Karpaz Üniversitesi Eğitim Fak. Lefkoşa /KKTC
ORCID NO: 0000-0003-4652-0012

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, seçilmiş resmî politika ve rehber belgelerinde insan denetimi ile etik sorumluluğun nasıl tanımlandığını incelemek ve okul yönetimine yönelik çıkarımlar geliştirmektir. Çalışma, karşılaştırmalı nitel doküman incelemesi olarak yürütülmüştür. Amaçlı seçilen belge kümesini Millî Eğitim Bakanlığının 2026 tarihli Eğitimde Yapay Zekâ Uygulamaları Etik Kılavuzu, UNESCO'nun 2023 tarihli eğitim ve araştırmada üretken yapay zekâ rehberi ve İngiltere Eğitim Bakanlığının 12 Ağustos 2025 tarihinde güncellenen eğitimde üretken yapay zekâ belgesi oluşturmuştur. Belgelerin araştırma sorusuyla ilişkili bölümleri; insan denetimi, hesap verebilirlik, şeffaflık, mahremiyet ve eşitlik başlıklarından oluşan önceden belirlenmiş bir analiz çerçevesiyle karşılaştırılmıştır. Genel yapay zekâ hükümleri ile üretken yapay zekâya özgü açıklamalar ayrı değerlendirilmiştir. İncelenen bölümlerde insan sorumluluğunun korunması ortak bir yönelim olarak belirlenmiştir. Belgeler arasında kurumsal yapılanma, pedagojik uygunluk ve mesleki yargıya yapılan vurgular bakımından farklılıklar bulunmaktadır. Bu karşılaştırmadan hareketle, insan denetiminin yalnızca üretilen içeriğin son kontrolden geçirilmesi olarak ele alınmasının okul yönetimi açısından yetersiz kalabileceği tartışılmıştır. Çalışma kapsamında kullanım öncesi değerlendirme, uygulama sırasında kontrol ve kullanım sonrasında inceleme olmak üzere üç aşamalı bir yönetimsel öneri geliştirilmiştir. Öneri, araç seçimi ve görev dağılımının açıklanmasını, çıktıların bağlama göre değerlendirilmesini ve sorunların geriye dönük incelenebilmesini bir arada ele almaktadır. Bu öneri, etkililiği sınanmış bir model niteliği taşımamaktadır. Sonuçlar seçilmiş belgelerin ilgili bölümleriyle sınırlıdır ve okullardaki uygulama düzeyi hakkında ampirik kanıt sunmamaktadır. Gelecek araştırmalarda önerilen aşamaların okul yöneticileri, öğretmenler ve diğer paydaşların deneyimleri üzerinden değerlendirilmesi önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Eğitim yönetimi, üretken yapay zekâ, insan denetimi, etik sorumluluk, doküman incelemesi.

GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SCHOOL MANAGEMENT: A DOCUMENT ANALYSIS OF HUMAN OVERSIGHT AND ETHICAL RESPONSIBILITY

ABSTRACT

This study examines how selected official policy and guidance documents define human oversight and ethical responsibility and develops implications for school management. A comparative qualitative document analysis was conducted using three purposively selected sources: Türkiye's Ministry of National Education Guidelines on the Ethics of Artificial Intelligence Applications in Education (2026), UNESCO's Guidance for Generative AI in Education and Research (2023), and England's Department for Education guidance on generative artificial intelligence in education, updated on 12 August 2025. Relevant sections were compared using a predefined analytical framework covering human oversight, accountability, transparency, privacy, and equity. General artificial intelligence provisions were distinguished from statements specifically addressing generative artificial intelligence. The examined sections share an emphasis on retaining human responsibility, while differing in their attention to institutional structures, pedagogical appropriateness, and professional judgement. The comparison suggests that treating oversight solely as a final review of generated content may be insufficient for school management. An analytical proposal comprising assessment before use, control during implementation, and review after use is therefore developed. It connects the justification of tool selection and allocation of responsibilities with contextual evaluation of outputs and retrospective examination of problems. The proposal is not an empirically validated model. Findings are restricted to the selected documents and sections and do not establish how schools implement these provisions. Future research should examine the proposal through the experiences of school leaders, teachers, and other stakeholders.

Keywords: Educational administration, generative artificial intelligence, human oversight, ethical responsibility, document analysis.

COGNİTİVE IMPAREMENT IN YOUTH AND THE IMPACT OF ITS CORRECTION ON THE DYNAMICS OF SHORT-TERM VISUAL AND AUDITORY MEMORY CAPACITY

Ass. Prof. E.J.Huseynova
Gandja State University
elnarahuseynova@mail.ru
Orcid.no /0000-0002-8386-6445

Abstract

Cognitive functions execute the human body's psychomotor coordination, memory, attention, speech, gnosis, praxis, calculation, thinking, orientation, planning abilities, and control over higher mental functions. Studies record cognitive impairment in **15–20%** of school pupils and students. Regrettably, in the medical field, only severe forms of cognitive impairments are detected and treated. However, since the majority of cognitive impairments are mild, they do not require pharmacological treatment. Mild cognitive impairments in students and pupils began to be identified at the beginning of the 21st century and treated without the application of any medication. It should be noted that during such mild impairments, the volume of memory and attention decreases, motivation weakens, and the level of comprehension drops to a minimum. Consequently, the pupil or student experiences difficulties in mastering learning material. This difficulty stems from the fact that the success of the educational process depends on memory and its interrelated cognitive indicators—such as thinking, attention, motivation, emotion, and willpower. Therefore, investigating the correction of cognitive impairments is considered a modern and pressing problem. The diagnosis of cognitive functions and the study of the correction of their impairments are of significant importance. In this study, we investigated the effect of cognitive impairments in youth on the capacity of short-term visual and auditory memory, as well as the dynamics of visual and auditory memory following the correction of these impairments. Based on our research, it can be concluded that although the correction of cognitive impairment occurring in short-term visual and auditory memory is challenging, the probability of remediating it through long-term positive emotional impact is very high. In the control group, since the capacity of short-term visual memory varies across high figures, its mean value is at the level of **78%**. Meanwhile, the mean value of the indicators for those with impairments in the cognitive structures of the brain sharply drops to **45%**. However, following the correction of cognitive impairments, the capacity of short-term visual memory increases significantly, approaching the level of the control group—falling short by only **5%**. A similar pattern is recorded for short-term auditory memory. The short-term auditory memory capacity in the control group is quite high. In study subjects with impairments in the brain's cognitive structures, this indicator decreases significantly. Following the correction of

the brain's cognitive structures, the short-term auditory memory capacity approaches the level of the control group. The difference between the short-term visual memory capacity of the control group and that of individuals with impairments in brain structures is substantial. A corresponding difference is also recorded in the diagram reflecting short-term auditory memory capacity; however, this difference is less pronounced compared to that of short-term visual memory.

Key words: cognitive function, auditory, vision, correction, adolescent.

HEDEFLERDEN OKUL UYGULAMALARINA: AZERBAYCAN'DA EĞİTİMDE YAPAY ZEKÂ POLİTİKALARININ ULUSLARARASI ÇERÇEVELERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Elmeddin Huseynov
Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Ankara, Türkiye
ORCID ID: 0009-0007-3523-739X

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Azerbaycan'ın 2025 yılına ilişkin yapay zekâ ve eğitim girişimlerinin ulusal hedefler, hukuki ilkeler ve uluslararası yeterlik çerçeveleri arasındaki ilişkisini incelemektir. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ile Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) tarafından yayımlanan çerçeveler analitik dayanak olarak kullanılmıştır. Araştırma, amaçlı seçilmiş on dört resmî kaynağa dayanan nitel bir doküman incelemesidir. Strateji ve mevzuat, faaliyet bildirimleri ve uluslararası değerlendirme kaynakları işlevlerine göre ayrılmıştır. Beceri ve müfredat, öğretmen yeterlikleri, veri yönetişimi ve insan denetimi, erişim ve kapsayıcılık ile öğrenme sonuçlarının değerlendirilmesi olmak üzere beş tema oluşturulmuştur. Yirmi odak iddia hedef, normatif hüküm, bildirilen uygulama ve ölçülmüş sonuç olarak kodlanmış; çerçeve boyutları ulusal kanıtlarla bir matriste eşleştirilmiştir. Bulgular, ulusal yapay zekâ stratejisindeki uzman yetiştirme hedefleriyle bilim, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematiği bütünleştiren eğitim (STEAM) girişimlerinin kapasite geliştirme bakımından ortak bir yönelime sahip olduğunu göstermektedir. Ancak uzman yetiştirme göstergeleri, okul öğretmenlerinin yapay zekâ pedagojisi yeterliklerini doğrudan ölçmemektedir. Kişisel veri mevzuatı genel bir koruma zemini sağlarken uygulama tasarımı, amaçla sınırlılık, veri gerekliliği ve hak kullanımı ilkeleriyle ilişkilendirilmelidir. Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA) 2022 Bakü bulguları temel becerilere ilişkin dış değerlendirme bağlamı olarak kullanılmış, yapay zekâ müdahalesinin etkisi olarak yorumlanmamıştır. Sonuç olarak genel kapasite hedeflerinin okul düzeyinde değerlendirilebilir pedagojik görevlere dönüştürülmesi önerilmektedir. Öğretmenlerin uygulamalı yeterlik görevleriyle değerlendirilmesi, öğrenci verilerine ilişkin sorumlulukların açıklanması ve pilot uygulamaların öğrenme, erişim ve maliyet göstergeleriyle izlenmesi bu dönüşümün öncelikleri olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: yapay zekâ, eğitim politikası, Azerbaycan, doküman incelemesi, öğretmen yeterlikleri, veri yönetişimi.

1 GİRİŞ

Eğitimde yapay zekâ (YZ) kullanımına ilişkin politika tartışmasının temel sorusu, hangi aracın kullanılacağından daha geniştir. Öğrencinin hangi bilgi ve becerileri kazanacağı, öğretmenin

karar yetkisinin nasıl korunacağı ve eğitim verilerinin hangi amaçlarla işleneceği aynı politikanın birbirine bağlı parçalarıdır. Bu nedenle bir platformun devreye alınması veya bir eğitim merkezinin açılması, öğrenme üzerindeki etkinin ayrıca araştırılması gereğini ortadan kaldırmaz. Teknolojik kapasite ile eğitimsel sonuç arasındaki ilişkinin açık biçimde kurulması, politika değerlendirmesinin başlangıç noktasıdır.

Alanyazın da bu ayrımı desteklemektedir. Zawacki-Richter ve diğerleri (2019), yükseköğretimde yapay zekâ uygulamalarını tahmin ve profilleme, değerlendirme, uyarlanabilir sistemler ve akıllı öğretim sistemleri çevresinde sınıflandırırken pedagojik kuramlarla ilişkinin güçlendirilmesi gereğine dikkat çekmiştir. Bond ve diğerlerinin (2024) daha sonraki üst derlemesi ise etik, yöntemsel titizlik ve bağlamın gözetilmesi konularını öne çıkarmaktadır. Bu bulgular, ulusal girişimlerin yalnızca teknolojik yaygınlık üzerinden okunmasının yetersiz kalabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte yükseköğretim araştırmalarından elde edilen sonuçlar, Azerbaycan'daki okul uygulamalarının başarısını veya başarısızlığını doğrudan göstermemektedir.

Azerbaycan örneği, yeni yapay zekâ girişimleri ile daha önce tanımlanmış eğitim ve veri koruma ilkelerinin birlikte incelenmesine olanak verir. 19 Mart 2025 tarihli Cumhurbaşkanlığı Sərəncamı ile onaylanan yapay zekâ stratejisi, 2013 tarihli eğitim stratejisi ve 2010 tarihli kişisel veri kanunu farklı fakat bağlantılı politika katmanlarıdır (Azerbaycan Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, 2013, 2025; Azerbaycan Cumhuriyeti Milli Meclisi, 2010). Bu katmanların karşılaştırılması, yalnızca faaliyet sayılarından hareket etmek yerine amaçların hangi hedef gruplara ve uygulama koşullarına bağlandığını incelemeyi mümkün kılar.

Çalışma, 2025 yılını odak dönem olarak ele almakta; önceki normatif belgeleri kurumsal arka plan, Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA) 2022'yi ise temel becerilere ilişkin dış değerlendirme bağlamı olarak kullanmaktadır. İncelemenin odağı genel eğitimdir. Bilim, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematiği bütünleştiren eğitim (STEAM) girişimleri bu kapsamda ele alınmıştır. Uzman yetiştirmeye yönelik akademi girişimi, okul öğretmenlerinin eğitimiyle aynı faaliyet olarak değil, daha geniş insan kaynağı politikasının bir bileşeni olarak değerlendirilmiştir. Özgün katkı, normatif hedeflerle faaliyet ve sonuç göstergelerini aynı analitik matriste ilişkilendirerek bu farklı düzeyler arasındaki aktarım gereksinimini görünür kılmaktır.

Araştırma üç soruya yanıt aramaktadır: (1) Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ve Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) çerçevelerinden türetilen temalar ulusal politika belgeleriyle nasıl ilişkilendirilebilir? (2) Azerbaycan'ın strateji, mevzuat

ve uygulama belgeleri hangi hedefleri, yükümlülükleri ve faaliyetleri ortaya koymaktadır? (3) Bu belgeler ile uluslararası değerlendirme birlikte okunduğunda, okul düzeyinde pedagojik uygulamaya aktarım için hangi bağlantılar ve değerlendirme gereksinimleri belirginleşmektedir?

2 KAVRAMSAL VE ANALİTİK ÇERÇEVE

2.1 Beceri dönüşümü ve dijital eğitim ekosistemi

OECD'nin Yapay Zekâ ve Becerilerin Geleceği (Artificial Intelligence and the Future of Skills, AIFS) projesi, yapay zekâ ve robotik sistemlerin yapabildiklerini insan becerileriyle ilişkilendirerek eğitim ve iş yaşamı üzerindeki etkileri anlamaya çalışır. İlk cilt, değerlendirilecek yetenekleri ve kullanılabilecek testleri; ikinci cilt ise değerlendirme yöntemlerini ele alır (OECD, 2021, 2023a). Bu nedenle proje, ülkelerin öğretmen eğitimi veya veri güvenliği bakımından sertifikalandırıldığı bir uygunluk standardı olarak kullanılmamıştır. Çalışmada AIFS'in işlevi, becerilerdeki değişim ve bu değişimin nasıl değerlendirileceği konusunda kavramsal bir dayanak sağlamaktır.

OECD'nin Dijital Eğitim Görünümü 2023 raporu ise dijital araçları, bu araçları kullanan insanları ve yönetişim koşullarını birlikte ele alan bir ekosistem yaklaşımı sunmaktadır (OECD, 2023b). Böylece beceri dönüşümü tartışması, okulun altyapısı, öğretmenin uygulaması ve kurumsal sorumluluklar ile ilişkilendirilebilir. Bu çalışmanın analitik tercihi, AIFS'e eğitim politikalarının bütün boyutlarını yüklemek yerine, farklı belgelerin hangi sorulara yanıt verdiğini ayırmaktır.

2.2 Yapay zekâ okuryazarlığı ve öğretmen yeterlikleri

Dijital bir aracı kullanabilmek, yapay zekâ çıktısını eğitimsel açıdan değerlendirebilmekle aynı yeterlik değildir. UNESCO'nun öğretmen çerçevesi insan merkezli yaklaşım, yapay zekâ etiği, temeller ve uygulamalar, yapay zekâ pedagojisi ve mesleki öğrenme olmak üzere beş boyutta on beş yeterlik tanımlar. Öğrenci çerçevesi ise insan merkezli yaklaşım, etik, teknik ve uygulamalar ile sistem tasarımı boyutlarında on iki yeterliği kapsar (Miao & Cukurova, 2024; Miao ve diğerleri, 2024). Bu ayrım, araç erişimiyle pedagojik hazırlığın ayrı incelenmesine olanak verir.

Buradan hareketle öğretmen gelişimi, yalnızca eğitime katılım veya sertifika sayısıyla değerlendirilemez. Bu çalışma açısından daha açıklayıcı soru, öğretmenin belirli bir ders hedefi için uygun araç seçip seçemediği ve üretilen yanıtı öğrencinin düzeyine göre denetleyip denetleyemediğidir. Benzer biçimde öğrencinin bir uygulamaya giriş yapması, modelin hata

yapabileceğini kavradığını veya üretilen bilginin kaynağını sorguladığını tek başına göstermez. Bu örnekler, sonraki bölümlerde önerilen izleme göstergelerinin gerekçesini oluşturmaktadır.

2.3 Sorumlu kullanım ve pedagojik etkililik

UNESCO'nun üretken yapay zekâ rehberi, insanın karar ve eylem kapasitesi, yaşa uygun kullanım, veri gizliliği ve araçların pedagojik açıdan doğrulanması üzerinde durmaktadır (Miao & Holmes, 2023). Holmes ve diğerleri (2022) ise eğitimde iyi niyetli bir kullanım amacının etik tasarım ve uygulamayı kendiliğinden güvence altına almadığını tartışmaktadır. Bu kaynaklar birlikte değerlendirildiğinde, bir eğitim aracının kullanılabilir olmasıyla güvenli ve uygun biçimde kullanılmasının ayrı sorular olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışmada beş analitik tema benimsenmiştir: beceri ve müfredat; öğretmen yeterlikleri; veri yönetişimi ve insan denetimi; erişim ve kapsayıcılık; öğrenme sonuçlarının değerlendirilmesi. Bu temalar araştırmanın düzenleyici başlıklarıdır; OECD veya UNESCO tarafından Azerbaycan için hazırlanmış hazır bir puanlama ölçeği değildir. Temalar arasındaki bağlantılar korunmuş, aynı ulusal bulgunun birden fazla politika sorusuna ışık tutabileceği kabul edilmiştir.

3 YÖNTEM

3.1 Araştırma deseni ve kapsam

Araştırma, çerçeveye dayalı betimsel çözümleme kullanılan nitel bir doküman incelemesidir. Doküman incelemesinde kaynağın kim tarafından, hangi amaçla ve hangi bağlamda üretildiğinin dikkate alınması gerekir (Sak ve diğerleri, 2021). Bu doğrultuda uluslararası rehberler değerlendirme sorularını geliştirmek, ulusal kaynaklar ise bildirilen politika ve faaliyetleri saptamak için kullanılmıştır. Hakemli araştırmalar, ulusal uygulamaların yerine geçen veri olarak değil, kavramsal yorum ve yöntemsel tartışma için değerlendirilmiştir.

Odak dönem 2025 yılıdır. 2010 tarihli Kişisel Veriler Hakkında Kanun ve 2013 tarihli Eğitim Gelişim Devlet Stratejisi normatif arka plan; 2023'te yayımlanan PISA 2022 Bakü notu ise dış değerlendirme bağlamıdır. Yapay zekâ stratejisinin onay metni ve ekinin tamamı okunmuş; çözümleme eğitim, beceri, veri ve uygulama göstergeleriyle ilgili hükümlere odaklanmıştır. Temel sayısal iddiaların ve mevzuat sayfalarının erişilen sürümleri 19 Ekim 2026 tarihinde yeniden kontrol edilerek sayfa ve belge kopyaları ile sayısal bütünlük özetleriyle kaydedilmiştir. Bu kayıt, 2025'teki sayfa görünümünün tarihsel arşivi veya mevzuatın 2025 sonundaki konsolide hâlinin doğrulanması olarak sunulmamaktadır.

3.2 Kaynak seçimi ve belge grupları

Amaçlı seçimde dört koşul aranmıştır: resmî kurum veya uluslararası kuruluş yayını olması; eğitim, beceri ya da veri yönetişimiyle doğrudan ilişki taşıması; araştırma sorularından en az

birine metinsel veya sayısal dayanak sağlaması; odak dönem ya da normatif arka plan bakımından açık bir işlev üstlenmesi. Kurumsal sayfalarda "AI and the Future of Skills", "AI competency framework", "STEAM", "Süni İntellekt Akademiyası", "Fərdi məlumatlar" ve "təhsilin inkişafı üzrə Dövlət Strategiyası" ifadeleriyle arama yapılmış, resmî ekler ve kaynak bağlantıları izlenmiştir. Korpus bütün mevzuatı veya bütün etki araştırmalarını kapsayan sistematik bir tarama değildir.

Kaynak kodlarında U uluslararası çerçeveleri, A ulusal veya ülkeye özgü kaynakları, K ise odak iddiaları göstermektedir. Azerbaycan Cumhuriyeti Bilim ve Eğitim Bakanlığı (BEB) kurumsal kaynakların yayımlayıcısıdır. Korpus altı uluslararası çerçeve ve sekiz ulusal/ülkeye özgü kaynak olmak üzere on dört kaynaktan oluşmaktadır (Tablo 1). A1, Sərəncam ile aynı dosya içindeki tam strateji ekini; A5 ve A6 normatif zemini; A2–A4 ve A8 bildirilen faaliyetleri; A7 ise Bakü'ye ait dış değerlendirmeyi temsil eder. A4 ve A8 aynı açılışa ilişkin iki resmî açıklamadır; bağımsız etki doğrulaması sayılmamıştır. A7'nin PISA verileri de 2025 girişimlerinin değerlendirmesi olarak kullanılmamıştır. Hakemli dört araştırma ana korpusa katılmamış, yöntem ve tartışmayı desteklemek için kullanılmıştır.

Tablo 1. İnceleme korpusu ve kaynakların analitik işlevi

Kod	Kaynak	İnceleme odağı
U1	OECD (2021) AIFS Cilt 1	Yetenek değerlendirmesi ve beceri dönüşümü
U2	OECD (2023a) AIFS Cilt 2	Ölçme yaklaşımları
U3	OECD (2023b) Dijital Eğitim Görünümü	Ekosistem, öğretmenler, yönetişim
U4	Miao ve Holmes (2023), UNESCO	Üretken yapay zekâ rehberi
U5	Miao ve Cukurova (2024), UNESCO	Öğretmen çerçevesinin beş boyutu
U6	Miao ve diğerleri (2024), UNESCO	Öğrenci çerçevesinin dört boyutu
A1	Cumhurbaşkanlığı (2025), Sərəncam ve tam eki	Ek 6.1.3, 8.3 ve ilgili yönetişim hükümleri
A2	BEB (2025a), öğretim yılı raporu	STEAM bölümünde dönem ve kapsam
A3	BEB (2025b), takvim yılı raporu	STEAM, dijital beceriler ve dijital okul
A4	BEB (2025c), Akademi duyurusu	Açılış ve uzman yetiştirme amacı
A5	Milli Meclis (2010), Kişisel Veriler Kanunu	Madde 7, 9 ve 11
A6	Cumhurbaşkanlığı (2013), eğitim stratejisi	Öğretmen gelişimi 2.1; izleme 3.3–3.5
A7	OECD (2023c), PISA 2022 Bakü notu	Asgari matematik yeterliği ve coğrafi kapsam
A8	Dijital Gelişim ve Ulaştırma Bakanlığı (2025)	8 Eylül 2025 tarihli açılış açıklaması

Not: BEB, Azerbaycan Cumhuriyeti Bilim ve Eğitim Bakanlığını ifade eder. A1 için verilen sayfa numaraları kaynak dosyanın ilk sayfasından sayılmıştır. Kaynakların özgün belge başlıkları kaynakçada korunmuştur.

3.3 Çözümleme ve kanıtların yorumlanması

Temalar tümdengelimli olarak geliştirilmiştir: U1–U2'nin yetenek ve test yaklaşımı beceri ile ölçme temalarına; U3'ün ekosistem yaklaşımı öğretmen, erişim ve yönetişim temalarına; U4'ün

insan merkezli kullanım ilkeleri veri ve insan denetimi temasına aktarılmıştır. U5'in beş öğretmen boyutu ile U6'nın dört öğrenci boyutu, bu temaların alt sorularını somutlaştırmıştır. Bu eşleştirmeler Tablo 2'de açıkça gösterilmiştir. Temalar belgelerin kendi başlıkları değil, araştırmacının farklı kaynakları karşılaştırmak için oluşturduğu analitik düzenlemedir.

Seçim birimi, araştırma sorusuna doğrudan yanıt veren tam cümle, normatif bent veya tablo hücresidir. Her birim için kaynak kodu, bölüm/madde, dönem ve hedef grup kaydedilmiştir. Bileşik sayısal ifadeler ayrı iddialara bölünmüş, fakat toplamlar aynı veri evreniymiş gibi birleştirilmemiştir. İzlenebilirliği göstermek için seçilen yirmi odak iddia Ek 1'de sunulmuştur. H gelecekteki hedef veya taahhüt; N normatif hak/yükümlülük; B kurum tarafından bildirilen gerçekleşme; Ö ise belirli bir ölçme aracıyla elde edilen sonuçtur. Kanunu bir uygulama veya başarı sonucu gibi kodlamamak için N sınıfı ayrıca tanımlanmıştır.

İddianın sayısal olması tek başına Ö kodu verilmesi için yeterli sayılmamıştır: öğrenci ve okul sayıları B, PISA yeterlik oranları Ö olarak kodlanmıştır. Ö kodu da nedensel etki anlamına gelmez. Ek 1'deki dağılım yedi H, üç N, sekiz B ve iki Ö iddiasıdır; bu dağılım korpusun tüm içeriğinin frekans analizi veya politika başarısının ölçüsü değildir. Kaynak bağlamı ile yorum sınırı birlikte kaydedilmiştir. Bağımsız çift kodlama uygulanmadığından kodlayıcılar arası uyum katsayısı raporlanmamıştır. Kamuya açık belgeler kullanılmış, katılımcılardan kişisel veri toplanmamıştır.

4 ARAŞTIRMA VE BULGULAR

4.1 Beceri ve müfredat alanında kapsamın genişlemesi

A2'nin STEAM bölümüne göre proje 2024–2025 öğretim yılında 398 okulda IV–IX. sınıflardan 252.711 öğrenciyi kapsamış, 21 merkezde faaliyet yürütülmüştür. Aynı kaynak, bir sonraki öğretim yılı için yaklaşık 300.000 öğrenciye ulaşılmasını beklemektedir. A3'ün STEAM bölümü ise 407 okul ve 303.109 öğrenci bildirmektedir (BEB, 2025a, 2025b). Dolayısıyla bu sayılar aynı tarihe ait alternatif ölçümler değil, farklı rapor dönemlerinde açıklanan kapsam bilgileridir.

Bu bulgunun doğrudan desteklediği sonuç, STEAM etkinliklerinin raporlanan erişiminin genişlemesidir. Öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlığında ne kadar ilerlediği ise bu rakamlardan hesaplanamaz. STEAM kapsamında yer almak; veri yanlılığını tanıma, bir modelin çıktısını doğrulama veya bir algoritmanın sınırlarını açıklama gibi kazanımların ölçüldüğü anlamına gelmez. Bu ayrım, ulaşılan öğrenci sayısının değerini azaltmaz; onu doğru değerlendirme düzeyine yerleştirir. Müfredat incelemesi ve öğrenci görevleriyle desteklenen ayrı bir yeterlik değerlendirmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

4.2 Öğretmen yeterlikleri ve uzman yetiştirme

A1'in tam ekinde uzman yetiştirme, eğitimci hazırlığı ve etik farkındalık birlikte ele alınmaktadır. 6.1.3.2.3–6.1.3.2.4 bentleri eğitici hazırlığını ve sorumlu kullanım farkındalığını; 8.3 bölümünün ortak sonuç göstergeleri ise 500 mühendis yetiştirilmesini içermektedir (Azerbaycan Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, 2025, ek, dosya s. 4, 6). Bunlar H kodlu politika hedefleridir; okul öğretmenlerinin yapay zekâ pedagojisi yeterliklerini ölçen göstergeler olarak okunamaz.

A4'te açılış "Sentyabrın 8-də" ifadesiyle bildirilmektedir. A8 aynı olayı açıkça 8 Eylül 2025 tarihli sayfada doğrulamaktadır (BEB, 2025c; Azerbaycan Cumhuriyeti Dijital Gelişim ve Ulaştırma Bakanlığı, 2025). Bu nedenle açılış B olarak kodlanmıştır; 500 mühendis hedefinin tamamlandığı sonucu çıkarılmamıştır. Açılış ile stratejideki çok yıllı program göstergeleri farklı gerçekleşme düzeyleridir.

UNESCO öğretmen çerçevesinin beş boyutuna göre okunduğunda (U5), A1 ve A4 teknik temeller ve uygulamalar için kapasite yönelimi; A1'in etik farkındalık hükümleri etik boyutu için hedef dayanağı sunmaktadır. İnsan merkezli yaklaşım ile yapay zekâ pedagojisi bakımından okul düzeyinde görevler, öğretmen karar yetkisi ve sınıf içi değerlendirme ayrıca tanımlanmalıdır. Mesleki öğrenme boyutu ise A6'nın 2.1 bölümündeki sürekli öğretmen gelişimi hedefleriyle ilişkilendirilebilir (Miao & Cukurova, 2024; Azerbaycan Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, 2013). Bu eşleştirme mevcut öğretmenlerin yeterli veya yetersiz olduğunu göstermez; genel hedefin değerlendirmeye dönüşmesi için gereken bağlantıyı tanımlar.

4.3 Veri yönetişimi ve insan denetimi

A1'in Sərəncam bölümü koordinasyon ve bilgi güvenliği görevlerini tanımlar. Ancak hukuki zemin yalnızca bu belgeyle başlamamaktadır: A5'in 9.1–9.4 maddeleri işleme amacı, veri kapsamı ve saklama gereğinin sona ermesi; 11.1 maddesi veri gerekliliği; 7. madde ise ilgili kişinin bilgi ve hak talepleri bakımından genel hükümler içerir (Azerbaycan Cumhuriyeti Milli Meclisi, 2010). Bu bulgu, veri korumaya ilişkin hiçbir ulusal dayanak bulunmadığı şeklindeki bir yorumu dışlar.

U4'ün insan merkezli yaklaşımıyla A5 arasında amaçla sınırlılık ve hakların kullanılabilir olması bakımından kavramsal bağlantı kurulabilir. Okul düzeyindeki aktarım sorusu, bu hükümlerin öğrenci verisi işleyen bir hizmette hangi amaç bildirimi, yetki dağılımı ve başvuru yolu ile karşılık bulduğudur. Kanunun varlığı ile belirli bir platformun kurallara uyduğu iddiası farklıdır. Bu inceleme bir uygunluk denetimi yapmadığından, belirli bir hizmetin mevzuata

uyduğu veya aykırı olduğu sonucuna ulaşmamaktadır. Gerekli takip verisi, uygulamaya ait bilgilendirme, sözleşme ve denetim belgeleridir.

4.4 Erişim ve kapsayıcılık

A3'te "Rəqəmsal bacarıqlar" girişimi için 772 okul ve 528 binden fazla öğrenci bildirilmektedir. Aynı raporun "Rəqəmsal məktəb" başlığı, Bakü'deki devlet genel eğitim kurumlarında kullanılan platformu açıklamaktadır (BEB, 2025b). Bu bilgiler yaygınlaşmanın ölçeğini ve belirli bir uygulamanın coğrafi kapsamını gösterir. Ancak platformun tüm ülkeye yayıldığını veya bütün kullanıcıların aynı koşullarda yararlandığını göstermemektedir.

Kapsayıcılığın değerlendirilmesi için ülke toplamlarından daha ayrıntılı bilgi gerekir. Bölge, okul türü, cihaz erişimi, bağlantı koşulları ve engellilik durumuna göre kullanım deneyimleri farklılaşabilir. İncelenen belgeler bu değişkenlerle öğrenme sonuçlarını birlikte değerlendirmediğinden, eşitsizliğin büyüklüğü veya yönü hakkında bir sonuç üretilmemiştir. Dijital okul platformunun bulunması da sistemin otomatik olarak uyarlanabilir öğrenme sunduğunu kanıtlamaz. Uyarlanabilirlik iddiası için öğrenci performansının hangi kuralla içerik veya geri bildirim değişikliğine dönüştüğü ayrıca gösterilmelidir.

4.5 Öğrenme sonuçları ve kanıtların birlikte değerlendirilmesi

A6'nın 3.3–3.5 bölümleri kalite göstergeleri, izleme ve uluslararası değerlendirmeye katılım için politika dayanağı sağlar. A7'de PISA 2022 matematik testinde en az Düzey 2'ye ulaşanların oranı Bakü için %38, OECD ortalaması için %69 olarak verilmektedir (Azerbaycan Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, 2013; OECD, 2023c). Bu, faaliyet sayılarından farklı bir ölçülmüş beceri göstergesidir. Fakat PISA notu Bakü'ye aittir; bütün ülkeyi temsil eden bir sonuç veya 2025'teki yapay zekâ girişimlerinin etki ölçümü olarak yorumlanamaz.

Tablo 2. Uluslararası çerçeve ile ulusal kanıtın eşleştirilmesi

Tema	Çerçeve boyutu	Ulusal dayanak	Aktarım gereksinimi
Beceri ve müfredat	AIFS: yetenek–görev ilişkisi; U6: teknikler, uygulamalar ve sistem tasarımı	A1 §6.1.3; A2–A3 STEAM; K01, K10–K15	Erişim göstergelerinin öğrenci görevleri ve açık kazanımlarla bağlanması
Öğretmen yeterlikleri	U5: insan merkezli yaklaşım; etik; temeller ve uygulamalar; pedagoji; mesleki öğrenme	A1 §6.1.3.2.3–4; A4/A8; A6 §2.1; K02–K04, K08, K18	Uzman/eğitici hazırlığı ile okul öğretmeninin beş boyuttaki uygulamasının ayrılması
Veri ve insan denetimi	U3: yönetişim; U4: insan merkezli kullanım; U5: etik ve insan merkezlilik	A5 md. 7, 9, 11; A1 Sərəncam md. 3; K05–K07	Genel hakların platformdaki veri amacı, yetki ve başvuru sürecine aktarılması
Erişim ve kapsayıcılık	U3: etkili ve adil ekosistem; U6: insan merkezli yaklaşım	A3 dijital beceriler ve dijital okul; K14–K17	Kapsam bilgisinin gruplara göre kullanım ve kazanımla tamamlanması

Öğrenme ve değerlendirme	AIFS: test ve yetenek yorumunun sınırı; U3: değerlendirme ekosistemi	A6 §3.3–3.5; A7 PISA; K09, K19–K20	Temel beceri ölçümü ile YZ pilotunun nedensel etkisinin ayrı tasarlanması

Not: Tablodaki açık bağlantılar uluslararası çerçeve ile ulusal belge arasındaki analitik eşleştirmedir. Son sütun ülke genelinde yokluk iddiası değil, aktarımın incelenmesi için gereken uygulama kanıtını gösterir. U ve A kodları Tablo 1'e, K kodları Ek 1'e karşılık gelir.

5 TARTIŞMA

Birinci araştırma sorusu açısından matris, uluslararası çerçevelerin ulusal belgeleri aynı ölçekte değerlendirmediğini göstermektedir. AIFS yetenek ve görev ilişkisini, UNESCO yeterlik çerçeveleri öğrenen ile öğretmenin rolünü, Dijital Eğitim Görünümü ise bunların gerçekleştiği ekosistemi görünür kılmaktadır. Aynı ulusal veri, her boyutta eşit derecede açıklayıcı değildir: STEAM kapsamı erişime; kişisel veri kanunu genel haklara; PISA ise belirli bir zamandaki beceri durumuna dayanak sağlar. Tablo 2 bu işlevleri ayırarak karşılaştırmayı somutlaştırmaktadır.

İkinci araştırma sorusu açısından sonuç, stratejik kapasite hedefleri ile gerçekleşmiş kurumsal faaliyetlerin birlikte var olduğudur. Üçüncü soru bakımından temel analitik mesele, genel insan kaynağı hedeflerinin okul pedagojisine nasıl aktarılacağıdır. Uzman yetiştirme hedefi, öğretmenin hatalı bir model çıktısını düzeltmesi veya öğrencinin kaynak güvenilirliğini değerlendirmesi gibi uygulama görevlerinin yerini tutmaz. Bu nedenle çalışmanın önerisi, hedeflerin reddedilmesi değil, hedef grubu ve değerlendirme birimi bakımından ayrıştırılmasıdır.

Bu yorum, pedagojik ve bağlamsal değerlendirmenin güçlendirilmesi çağrısıyla uyumludur (Zawacki-Richter ve diğerleri, 2019; Bond ve diğerleri, 2024). Ancak söz konusu araştırmaların yükseköğretim odaklı olduğu gözetilmelidir. Bu çalışmada onların bulguları Azerbaycan'daki öğrencilerin başarı düzeyini tahmin etmek için kullanılmamıştır. Ortak tartışma noktası, araç veya uygulama kategorileri ile öğrenme sonuçlarının birbirinden ayrılması gereğidir. Ülkeye ve eğitim kademesine özgü sonuçlar için yerel değerlendirmeler gereklidir.

İdari faaliyet raporundan deneysel etki analizi beklemek, belgenin üretim amacıyla uyumsuz olur. Bu incelemede raporlar gerçekleşme bildirimi için kullanılmış; pedagojik değerlendirme gereği yalnızca raporlardaki sessizlikten türetilmemiştir. Bu gereğin dayanakları A6'nın kalite ve izleme hedefleri, U5–U6'nın yeterlik boyutları ve A7'nin temel beceri göstergeleridir. Dolayısıyla faaliyet raporunda etki bulunmaması bağımsız bir başarısızlık bulgusu sayılmamış; farklı belge türleri arasındaki bağlantı ve bilgi sınırı tartışılmıştır.

Eğitim politikası bakımından bir başka sonuç, bilgi güvenliği ile pedagojik sorumluluğun birlikte fakat ayrı sorularla ele alınmasıdır. Teknik olarak korunmuş bir sistem eğitimsel açıdan yanlış veya yaşa uygun olmayan bir öneri üretebilir. Benzer biçimde faydalı bir öğrenme etkinliği, gereğinden fazla kişisel veri işleniyorsa ayrıca değerlendirilmelidir. Etik sorumluluğu tasarım ve uygulama kararlarıyla ilişkilendiren alanyazın, bu iki boyutun birlikte incelenmesini desteklemektedir (Holmes ve diğerleri, 2022; Miao & Holmes, 2023).

6 POLİTİKA VE UYGULAMA ÖNERİLERİ

Aşağıdaki öneriler, saptanan bir başarısızlığın giderildiği iddiasıyla değil, belgelerin açık bıraktığı değerlendirme sorularını yanıtlamak amacıyla geliştirilmiştir. İlk adım, mevcut ulusal girişimlerin hedef grubu, uygulama kapsamı, veri işleme koşulları ve değerlendirme planını aynı kayıt yapısında görünür kılmaktır. Böylece yeni bir araç alımı veya yaygınlaştırma kararı öncesinde hangi bilginin mevcut olduğu ve hangi verinin toplanması gerektiği belirlenebilir.

Öğretmen gelişiminde uygulamalı görevlerden oluşan bir değerlendirme yaklaşımı önerilmektedir. Örneğin öğretmenden ders hedefiyle uyumlu bir etkinlik hazırlaması, yapay zekânın ürettiği hatalı yanıtı düzeltmesi ve öğrenci verisi paylaşmadan geri bildirim tasarlaması istenebilir. Başarı ölçütleri önceden açıklanan bu görevler, yalnızca araç kullanım sıklığından daha anlamlı bilgi sağlayabilir. Başlangıç ve izleme değerlendirmeleri aynı yeterlik alanlarını kapsamalı, fakat aynı soruların ezberlenmesine dayanmamalıdır.

Öğrenciler için önerilen etkinlikler UNESCO öğrenci çerçevesinin insan merkezli yaklaşım, etik ve teknik uygulamalar boyutlarıyla ilişkilidir (Miao ve diğerleri, 2024). Bir yanıtın güvenilir kaynakla karşılaştırılması, aynı sorunun farklı biçimlerde sorulmasıyla sonuçların tartışılması veya kişisel veri içeren bir istemin güvenli biçimde yeniden yazılması bu bağlantıyı somutlaştırabilir. Bunlar burada test edilmiş müdahaleler değil, çerçevenin okul görevlerine aktarılmasına ilişkin önerilerdir. Hedeflenen beceri, ders bağlamı ve değerlendirme ölçütü önceden açıklanmalı; etkinlikler yaşa, dil düzeyine ve erişim koşullarına göre uyarlanmalıdır.

Pilotların değerlendirilmesinde başlangıç ölçümü, uygulama süresi ve karşılaştırma koşulları önceden belirlenmelidir. Uygun olduğunda benzer özellikteki sınıflar karşılaştırılabilir; bunun mümkün olmadığı durumlarda sonuçların nedensel yorum sınırı açıkça belirtilmelidir. Öğretmen iş yükü ve öğrenci deneyimi, başarı testleriyle birlikte incelenebilir. Düşük maliyet, yüksek kullanım veya olumlu memnuniyet tek başına öğrenme etkisinin yerine geçirilmemelidir. Tablo 3, bu yaklaşımın uygulanabilmesi için önerilen göstergeleri özetlemektedir.

Tablo 3. Önerilen izleme alanları ve veri kaynakları

İzleme alanı	Önerilen gösterge	Olası veri kaynağı
Öğretmen yeterliği	Hatalı çıktıyı düzeltme ve dersle ilişkilendirme başarısı	Ölçütleri açıklanmış uygulama görevleri
Öğrenci öğrenmesi	Başlangıç ve izleme görevlerindeki değişim	Yapılandırılmış öğrenci görevleri ve karşılaştırmalı pilot
Eşit erişim	Katılım, kullanım ve kazanımın gruplara göre dağılımı	Kişisel veri gereksinimi sınırlandırılmış okul kayıtları
Veri ve insan denetimi	Veri amacı, saklama, yetki ve itiraz sürecinin açıklığı	Uygulama envanteri ve denetim kayıtları
Sürdürülebilirlik	Öğretmen zamanı, teknik destek ve toplam kullanım maliyeti	İş yükü incelemesi ve maliyet kayıtları

Not: Tablodaki göstergeler araştırmanın önerisidir; Azerbaycan'da hâlihazırda ölçülmüş sonuçlar olarak sunulmamaktadır. Sayısal başarı eşikleri, başlangıç verisi ve yerel uygulama koşulları belirlendikten sonra tanımlanmalıdır.

7 SINIRLILIKLAR

Araştırma amaçlı seçilmiş on dört resmî kaynağın ilgili hükümleri ve bölümleriyle sınırlıdır. Yirmi iddialık kayıt, bütün korpusu tüketen bir kodlama değildir; seçilmiş temel çıkarımların denetlenmesini sağlar. Bağımsız saha doğrulaması veya çift kodlama yapılmamıştır. Akademiye ilişkin iki duyuru aynı kurumsal olayın bildirimidir. PISA verisi ise Bakü'ye ve 2022'ye ait olduğundan bütün ülkeye veya 2025 müdahalelerine genellenemez.

Çevrim içi kaynakların kontrol tarihi ile odak dönem ayrılmıştır. Kaynak kopyaları erişim anını belgeler; üçüncü taraf tarihsel arşivi değildir. Özellikle kişisel veri kanununun erişilen metniyle 2025 sonundaki konsolide mevzuat arasında tarihsel sürüm eşitliği varsayılmamıştır. Öğretim yılı ve takvim yılı kapsamları tek seri gibi birleştirilmemiştir. Gelecek araştırmalar matrisin açık bıraktığı bağlantıları müfredat, öğretmen görevleri, uygulama sözleşmeleri ve karşılaştırmalı pilotlar üzerinden sınayabilir.

8 SONUÇ

Azerbaycan'ın seçilmiş belgeleri, yapay zekâ için kapasite geliştirme yöneliminin mevcut eğitim stratejisi ve kişisel veri ilkeleriyle birlikte okunması gerektiğini göstermektedir. Stratejideki uzman/eğitici hazırlığı hedefleri, STEAM'in bildirilen kapsamı ve Akademi açılışı aynı dönüşümün farklı düzeyleridir. Genel veri koruma hükümleri de uygulamanın hukuki başlangıç zeminini oluşturur. Bununla birlikte bu düzeylerin varlığı, öğretmenin yapay zekâ pedagojisi yeterliğini veya belirli bir aracın öğrenmeye etkisini kendiliğinden ölçmez.

Çalışmanın temel sonucu, belgelerin sayısal veya normatif ifadelerini tek bir başarı puanında birleştirmek yerine, genel hedeflerin okul düzeyindeki görev ve sorumluluklara aktarımını izlemektir. Çerçeve–ulusal kanıt matrisi ile yirmi iddialık kayıt bu aktarımı incelenebilir hâle getirmektedir. İzlenecek öncelikler; öğretmen yeterliklerinin uygulamalı görevlerle

tanımlanması, genel veri haklarının hizmet tasarımına bağlanması ve temel beceri ölçümleriyle pilot etki değerlendirmelerinin ayrı amaçlarla kullanılmasıdır.

KAYNAKÇA

Azerbaycan Cumhuriyeti Bilim ve Eğitim Bakanlığı. (2025a). *2024–2025-ci tədris ili rəqəmlərdə — Hesabat*. https://edu.gov.az/az/news-and-updates/22236-1

Azerbaycan Cumhuriyeti Bilim ve Eğitim Bakanlığı. (2025b, 30 Aralık). *2025-ci təqvim ili rəqəmlərdə — Hesabat*. https://edu.gov.az/az/announcements/22719-1

Azerbaycan Cumhuriyeti Bilim ve Eğitim Bakanlığı. (2025c). *Emin Əmrullayev Süni İntellekt Akademiyasının açılışında iştirak edib*. https://edu.gov.az/az/announcements/22359-1

Azerbaycan Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı. (2013, 24 Ekim). *Azərbaycan Respublikasında təhsilin inkişafı üzrə Dövlət Strategiyası*. https://president.az/az/articles/view/9779

Azerbaycan Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı. (2025, 19 Mart). "Azərbaycan Respublikasının 2025–2028-ci illər üçün süni intellekt Strategiyası"nın təsdiq edilməsi haqqında Azərbaycan Respublikası Prezidentinin Sərəncamı ve eki. https://mincom.gov.az/storage/pages/3533/azerbaycan-respublikasinin-2025-2028-ci-iller-ucun-suni-intellekt-strategiyasinin-tesdiq-edilmesi-haqqinda.pdf

Azerbaycan Cumhuriyeti Dijital Gelişim ve Ulaştırma Bakanlığı. (2025, 8 Eylül). *Azərbaycanda Süni İntellekt Akademiyası fəaliyyətə başlayıb*. https://mincom.gov.az/az/media/xeberler/azerbaycanda-suni-intellekt-akademiyasi-fealiyyete-baslayib

Azerbaycan Cumhuriyeti Milli Meclisi. (2010, 11 Mayıs). Fərdi məlumatlar haqqında Azərbaycan Respublikasının Qanunu (No. 998-IIIQ). https://meclis.gov.az/news-qanun.php?id=1201&lang=az

Bond, M., Khosravi, H., De Laat, M., Bergdahl, N., Negrea, V., Oxley, E., Pham, P., Chong, S. W., & Siemens, G. (2024). A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: A call for increased ethics, collaboration, and rigour. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21*, Makale 4. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00436-z

Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Buckingham Shum, S., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. R. (2022). Ethics of AI in education: Towards a community-wide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 32*, 504–526. https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1

Miao, F., & Cukurova, M. (2024). *AI competency framework for teachers*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104

Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693

Miao, F., Shiohira, K., & Lao, N. (2024). *AI competency framework for students*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391105

OECD. (2021). *AI and the future of skills, volume 1: Capabilities and assessments*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/5ee71f34-en

OECD. (2023a). *AI and the future of skills, volume 2: Methods for evaluating AI capabilities*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/a9fe53cb-en

OECD. (2023b). *OECD digital education outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/c74f03de-en

OECD. (2023c). *PISA 2022 results (Volume I and II) — Country notes: Baku (Azerbaijan)*. https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/baku-azerbaijan_20c688c8-en.html

Sak, R., Şahin Sak, İ. T., Öneren Şendil, Ç., & Nas, E. (2021). Bir araştırma yöntemi olarak doküman analizi. *Kocaeli Üniversitesi Eğitim Dergisi, 4*(1), 227–250. https://doi.org/10.33400/kuje.843306

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education — Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16*, Makale 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

ÖN LİSANS ÖĞRENCİLERİNİN ALGILANAN GELECEKTEKİ İSTİHDAM EDİLEBİLİRLİK DÜZEYLERİNİN KİŞİSEL VE AKADEMİK ÖZELLİKLERE GÖRE İNCELENMESİ

Doç. Dr. Ömer Faruk COŞKUN
Hatay Mustafa Kemal University, Antakya Vocational School, Department of Foreign Trade, 31060 Antakya, Hatay
ORCID ID: 0000-0002-9616-2359

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, ön lisans öğrencilerinin algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik düzeylerini belirlemek ve bu düzeylerin kişisel ve akademik özelliklere göre farklılaşıp farklılaşmadığını ve söz konusu özelliklerle ilişkisini incelemektir. Nicel araştırma yaklaşımı ve kesitsel tarama deseniyle gerçekleştirilen araştırmanın örneklemini, kolayda örnekleme yöntemiyle belirlenen 149 ön lisans öğrencisi oluşturmaktadır. Katılımcıların 79'u birinci, 70'i ikinci sınıfta öğrenim görmekte olup 68'i teknik, 81'i sosyal programlarda eğitim almaktadır. Araştırma verileri, kişisel ve akademik özelliklere ilişkin sorular ile altı boyut ve 24 maddeden oluşan Algılanan Gelecekteki İstihdam Edilebilirlik Ölçeği kullanılarak çevrimiçi anket yoluyla toplanmıştır. Verilerin analizinde tanımlayıcı istatistikler, Cronbach's Alpha güvenilirlik analizi, bağımsız örneklem t-testi ve Spearman korelasyon analizi kullanılmıştır. Ölçeğin genel güvenilirlik katsayısı 0,962 olarak hesaplanmıştır. Araştırma bulguları, öğrencilerin gelecekteki istihdam edilebilirlik algılarının genel olarak olumlu olduğunu (Ort.=4,024), en yüksek algının gelecekteki kişisel özellikler (Ort.=4,148), en düşük algının ise eğitim kurumunun itibarı (Ort.=3,847) boyutunda gerçekleştiğini göstermiştir. Öğrencilerin genel istihdam edilebilirlik algılarının öğrenim gördükleri sınıfa ve program türüne göre istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklılaşmadığı belirlenmiştir. Buna karşılık bölüm tercihi öncesindeki bilgi düzeyi (ρ=0,224), bölümü tercih etme durumu (ρ=0,296) ve mezuniyet sonrasında eğitim alınan alanda çalışma niyeti (ρ=0,342) ile genel istihdam edilebilirlik algısı arasında pozitif yönlü, zayıf düzeyde ve anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. En güçlü ilişkinin mezuniyet sonrasında eğitim alınan alanda çalışma niyetiyle olduğu görülmüştür. Araştırma sonuçları, öğrencilerin gelecekteki istihdam edilebilirlik algılarının kariyerle ilişkili akademik tutumlarla bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda meslek yüksekokullarında kariyer danışmanlığı, mesleki yönlendirme, öğrencilerin istihdam olanakları hakkında bilgilendirilmesi ve sektör iş birliklerinin geliştirilmesinin önemi vurgulanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik, ön lisans öğrencileri, meslek yüksekokulu öğrencileri.

EXAMINING ASSOCIATE DEGREE STUDENTS' PERCEIVED FUTURE EMPLOYABILITY LEVELS ACCORDING TO PERSONAL AND ACADEMIC CHARACTERISTICS

ABSTRACT

This study aims to determine associate degree students' perceived future employability levels and examine whether these levels differ according to their personal and academic characteristics and how they are associated with these characteristics. Adopting a quantitative research approach and a cross-sectional survey design, the study included 149 associate degree students selected through convenience sampling. Of the participants, 79 were first-year students and 70 were second-year students, while 68 were enrolled in technical programs and 81 in social programs. Data were collected through an online questionnaire comprising questions on personal and academic characteristics and the 24-item Perceived Future Employability Scale, consisting of six dimensions. Descriptive statistics, Cronbach's alpha reliability analysis, independent samples t-tests, and Spearman correlation analysis were employed. The overall reliability coefficient of the scale was 0.962. The findings indicated that students generally reported positive perceptions of future employability (M=4.024). The highest mean score was observed for future personal attributes (M=4.148), whereas the lowest was recorded for educational institution reputation (M=3.847). No statistically significant differences in overall perceived future employability were identified according to students' year of study or program type. However, positive, weak, and statistically significant correlations were found between perceived future employability and prior knowledge of the chosen program (ρ=0.224), willingness to choose the program (ρ=0.296), and intention to work in the field of study after graduation (ρ=0.342). The strongest correlation was observed for intention to work in the field of study after graduation. The results indicate that students' perceptions of future employability are associated with career-related academic attitudes. Accordingly, the findings emphasize the importance of strengthening career counseling, vocational guidance, information about employment opportunities, and industry collaborations within vocational higher education institutions.

Keywords: Perceived future employability, associate degree students, vocational school students.

1. GİRİŞ

Gençlerin eğitimden iş yaşamına geçiş süreci, işgücü piyasasındaki belirsizlikler nedeniyle giderek daha önemli hâle gelmektedir. TÜİK verilerine göre 2025 yılında Türkiye'de 15–24 yaş grubundaki genç işsizlik oranı %15,3 olarak gerçekleşirken, aynı yaş grubundaki gençlerin

%23,3'ü ne eğitimde ne de istihdamda yer almaktadır (TÜİK, 2026). Ayrıca OECD verileri, Türkiye'de 25–34 yaş grubundaki yükseköğretim mezunlarının işsizlik oranının %10,6 ile OECD ortalamasının üzerinde olduğunu göstermektedir (OECD, 2025). Bu göstergeler, gençlerin yalnızca mevcut istihdam durumlarının değil, gelecekte iş bulma ve iş yaşamında kalma kapasitelerine ilişkin algılarının da incelenmesini gerekli kılmaktadır.

Gençlerin eğitimden çalışma yaşamına geçişinde yalnızca sahip oldukları bilgi ve beceriler değil, gelecekte iş bulma ve iş yaşamında varlığını sürdürebilme konusundaki algıları da önem taşımaktadır. Bu algı literatürde, algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik olarak kavramlaştırılmıştır (Gunawan vd., 2019). Algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik, gelecekte iş bulma ve bu işi sürdürme olasılıklarına ilişkin mevcut değerlendirmelerini ifade etmektedir (Kertechian vd., 2023: 222). Araştırmalarda, algılanan gelecekteki istihdam edilebilirliğin psikolojik iyi oluş ve yaşam doyumu ile pozitif ilişkili olduğu (Alkın ve Öksüz, 2020), geleceğe yönelik olumlu ve planlı tutumlarla pozitif, kaygılı tutumlarla ise negatif ilişkiler gösterdiği (Koçakoğlu ve Yalçın, 2023) ortaya konmuştur. Ayrıca kavramın gelecek kaygısı ile negatif yönde ilişkili olduğu (Gökkaya ve Erten, 2024), kariyer uyumluluğu ile bağlantılı olduğu (Ayvaz ve Karacan-Özdemir, 2024; Yaman ve Sırkıntıoğlu Yıldırım, 2025) ve öznel iyi oluş üzerinde dolaylı bir rol üstlenebildiği belirlenmiştir (Yırtıcı ve Duy, 2025).

Türkiye'deki çalışmaların bir bölümü lisans öğrencilerine odaklanırken, ön lisans öğrencileri çoğunlukla daha geniş üniversite öğrenci grupları içerisinde ele alınmıştır. Mesleki ve teknik eğitime daha doğrudan yönelen ön lisans öğrencilerinin gelecekteki istihdam edilebilirlik algılarının kendi kişisel ve akademik özellikleri çerçevesinde incelenmesi, bu grubun çalışma yaşamına geçiş sürecine ilişkin daha özgül bir değerlendirme yapılmasına olanak sağlayacağı düşünülmektedir. Bu doğrultuda araştırmanın temel amacı; ön lisans öğrencilerinin algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik düzeylerini belirlemek, bu düzeylerin öğrenim görülen sınıf ve program türüne göre farklılaşıp farklılaşmadığını incelemek ve bölüm tercihi öncesindeki bilgi düzeyi, bölümü tercih etme durumu ve mezuniyet sonrasında eğitim alınan alanda çalışma niyeti ile algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik arasındaki ilişkileri ortaya koymaktır.

Bu araştırma, algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik çalışmalarında çoğunlukla genel üniversite öğrenci grupları veya lisans öğrencileri üzerinde yoğunlaşılan yapıyı, doğrudan ön lisans öğrencileri bağlamında ele alarak literatüre katkı sağlamaktadır. Bu yönüyle çalışma, mesleki ve teknik yükseköğretimde öğrenim gören öğrencilerin gelecekteki istihdam edilebilirlik algılarının kişisel ve akademik özelliklere göre nasıl farklılaştığını ve bu özelliklerle hangi düzeyde ilişkili olduğunu inceleyerek ilgili literatürde ön lisans öğrencilerine

yönelik bilgi birikimine katkı sağlamayı ve öğrencilerin eğitimden çalışma yaşamına geçiş süreçlerinin daha iyi anlaşılmasına yönelik bulgular sunmayı amaçlamaktadır.

2. ALGILANAN GELECEKTEKİ İSTİHDAM EDİLEBİLİRLİK

Algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik, bireyin mevcut durumunu temel alarak gelecekte sahip olacağı istihdam kapasitesini kendi bakış açısından öngörmesi ve değerlendirmesi olarak ifade edilmektedir (Chen vd., 2023: 4). Genç yetişkinler açısından kavram, eğitimlerini ve/veya mesleki eğitimlerini tamamladıktan sonraki mesleki benliklerinin bir temsilidir (Gunawan vd., 2019: 612). Başka bir ifadeyle, genç yetişkinler için algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik, eğitim, öğretim ve kişisel gelişimden sonra kendilerini gelecekte ne kadar iş bulabilir olarak algıladıklarını ifade etmektedir (Gunawan vd., 2019: 611).

Üniversite öğrencileri açısından algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik daha somut bir içerikle ele alınmaktadır. Buna göre kavram, öğrencilerin eğitimlerini tamamlayıp çalışmaya hazır hâle geldiklerinde sahip olacakları kişisel özelliklere, becerilere, deneyimlere, sosyal ağlara ve işgücü piyasası bilgisine ilişkin değerlendirmelerini ifade etmektedir (Aslan vd., 2026: 4). Algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik aynı zamanda bireylerin gelecekte sahip olmayı bekledikleri becerileri, bilgileri, kişisel güçlü ve zayıf yönlerini kapsamaktadır (Gunawan vd., 2025: 1289).

Gunawan vd. (2019) algılanan gelecekteki istihdam edilebilirliği altı boyut altında ele almaktadır. Buna göre algılanan gelecekteki sosyal ağ, bireyin gelecekte iş bulmasına ve mesleğinde başarılı olmasına yardımcı olabilecek bağlantılara sahip olmasını; algılanan beklenen deneyimler, eğitim sürecinde edinilen bilgi ve becerileri uygulamaya dönük iş deneyimlerinin gelecekteki istihdam açısından değerini; algılanan gelecekteki kişisel özellikler, dayanıklılık, motivasyon, hedef belirleme ve güçlü çalışma etiği gibi özellikleri ifade etmektedir. Eğitim kurumunun beklenen itibarı, mezun olunan kurumun iş bulma sürecinde sağlayacağı avantajı; algılanan gelecekteki işgücü piyasası bilgisi, iş fırsatları ve mesleki eğilimler hakkında bilgi sahibi olmayı; algılanan gelecekteki beceriler ise seçilen mesleğin gerektirdiği bilgi, teknik beceri, akıl yürütme ve problem çözme yeterliklerine sahip olmayı kapsamaktadır (Gunawan vd., 2019: 618). Bu yönüyle istihdam edilebilirlik, hem içsel hem de dışsal boyutları bulunan çok yönlü bir yapı olarak değerlendirilmektedir (Rothwell vd., 2008: 2).

Algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik yalnızca bireyin kendi yeterliklerine ilişkin bilişsel bir değerlendirmesiyle sınırlı değildir. Kavram, daha geniş yapısal koşullar tarafından şekillendirilen ve sosyal olarak inşa edilen bir algı olarak da ele alınabilmektedir (Aslan vd.,

2026: 4). Ayrıca algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik, kişinin eğitimini tamamladıktan sonra istihdam edilebilme kapasitesini geleceğe yansıtmasını açıklayan ve "olası benlikler" teorisi ile sosyal-bilişsel kariyer gelişimi modellerine dayanan geleceğe yönelik bir perspektifi ifade etmektedir (Wójcik ve Litwinek, 2026: 2). Bu çerçevede gelecekteki fırsatlar üzerine düşünmek, işgücü piyasasının beklentilerini anlamayı ve istihdam zamanı geldiğinde kişinin belirli özellikleri sayesinde tercih edilme şansına sahip olabilmesi için bu beklentileri karşılamaya yönelik çalışmasını gerektirmektedir (Kertechian vd., 2023: 222).

3. ALGILANAN GELECEKTEKİ İSTİHDAM EDİLEBİLİRLİK ÜZERİNE YAPILAN GEÇMİŞ ARAŞTIRMALAR

Algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik üzerine yapılan araştırmalar, kavramın yalnızca bireyin gelecekte iş bulabileceğine ilişkin genel bir beklentiden ibaret olmadığını, öğrencilerin kariyerlerine ve iş yaşamına yönelik değerlendirmeleriyle bağlantılı daha kapsamlı bir yapı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle kavram, bireysel özelliklerin yanı sıra eğitim deneyimleri, kariyerle ilgili tutumlar ve içinde bulunulan koşullarla birlikte ele alınmaktadır. Nitekim literatür, algılanan istihdam edilebilirliğin nesnel olarak sahip olunan kaynakların basit bir işlevi olarak değil; bireysel, ilişkisel ve bağlamsal boyutların etkileşerek öğrencilerin gelecekteki mesleki fırsatlarına ilişkin temsillerini şekillendirdiği karmaşık bir sürecin sonucu olarak anlaşılması gerektiği görüşünde birleşmektedir (Cusimano vd., 2026: 1). Bu yaklaşım doğrultusunda yapılan çalışmalar da algılanan gelecekteki istihdam edilebilirliği farklı kişisel, psikolojik, akademik ve kariyerle ilişkili değişkenlerle birlikte incelemiştir.

Uluslararası literatürde kavrama ilişkin ilk çalışmaların önemli bir bölümünün ölçüm ve kavramsallaştırma üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Gunawan vd. (2019), genç yetişkinlerin algılanan gelecekteki istihdam edilebilirliklerini değerlendirmeye yönelik çok boyutlu bir ölçüm aracı geliştirmiş ve kavramın gelecekteki beceriler, deneyimler, sosyal ağlar, kişisel özellikler, işgücü piyasası bilgisi ve eğitim kurumunun itibarıyla ilişkili bir yapı olduğunu ortaya koymuştur. İzleyen çalışmada kariyer çağrısı, kariyer stratejileri, proaktiflik ve kariyer desteğinin algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlikle ilişkili olduğu; algılanan gelecekteki istihdam edilebilirliğin ise kariyer planlama, performans ve kariyer memnuniyetiyle bağlantılı olduğu belirlenmiştir (Gunawan vd., 2021). Benzer biçimde, çalışan öğrencilerde örgütsel kariyer gelişiminin algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlikle ilişkili olduğu (Creed vd., 2022), kariyer tutkusu, üniversite bağlılığı, yaşam doyumu ve özsaygının öğrencilerin gelecekteki istihdam edilebilirlik algılarını yordadığı görülmüştür (Kertechian vd., 2023). Chen vd. (2023) kavramı bilgi ve beceriler, kişilik niteliği, kişilerarası ağ ve kariyer

gelişimi boyutları üzerinden ele alırken, Kim vd. (2024) mesleki kimlik farkındalığı ve kariyer uyumluluğunun algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlikle ilişkisini ortaya koymuştur. Daha sonraki araştırmalarda kariyer öz-yeterliği ve sonuç beklentilerinin algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlikle bağlantılı olduğu (Gunawan vd., 2025), psikolojik sermayeyi geliştirmeye yönelik bir müdahalenin öğrencilerin gelecekteki istihdam edilebilirlik algılarını güçlendirebildiği (Ferolino vd., 2026) ve kavramın çok boyutlu yapısının farklı bir kültürel bağlamda da desteklendiği görülmüştür (Wójcik ve Litwinek, 2026).

Türkiye'deki çalışmalar ise bir yandan kavramın ölçülmesine yönelik altyapının oluşturulmasına, diğer yandan algılanan gelecekteki istihdam edilebilirliğin öğrencilerin psikolojik ve kariyerle ilişkili özellikleriyle bağlantılarının incelenmesine odaklanmıştır. Alkın vd. (2020), Algılanan Gelecekteki İstihdam Edilebilirlik Ölçeği'nin Türkçe formunun üniversite öğrencileri için geçerli ve güvenilir olduğunu ortaya koyarken, Alkın ve Öksüz (2020) algılanan gelecekteki istihdam edilebilirliğin psikolojik iyi oluş ve yaşam doyumuyla pozitif yönde ilişkili olduğunu belirlemiştir. Koçakoğlu ve Yalçın (2023), geleceğe yönelik olumlu ve planlı tutumlar ile bazı psikolojik ihtiyaçların gelecekteki istihdam edilebilirlik algısıyla olumlu, geleceğe yönelik kaygılı tutumun ise olumsuz yönde ilişkili olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde ekonomik kısıtların algılanan gelecekteki istihdam edilebilirliği olumsuz etkilediği, kariyer uyumluluğunun ise bu algıyı olumlu yönde yordadığı belirlenmiştir (Ayvaz ve Karacan-Özdemir, 2024). Gökkaya ve Erten (2024) algılanan gelecekteki istihdam edilebilirliğin gelecek kaygısını azalttığını ortaya koyarken, Yırtıcı ve Duy (2025) kavramın umut ile öznel iyi oluş arasındaki ilişkide kısmi aracılık rolü üstlendiğini belirlemiştir. Ayrıca algılanan gelecekteki istihdam edilebilirliğin kariyer uyum yeteneğini olumlu yönde etkilediği (Yaman ve Sırkıntıoğlu Yıldırım, 2025), okul memnuniyeti ve yaşam doyumuyla olumlu ilişkiler gösterdiği ve bazı ilişkilerde aracı rol üstlendiği (Aslan vd., 2026) ve kariyer katılımının sosyal-duygusal öğrenme becerileri ile algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik arasındaki ilişkide aracılık ettiği tespit edilmiştir (Kirikkanat, 2026).

4. YÖNTEM

Bu araştırmada nicel araştırma yaklaşımı benimsenmiş ve kesitsel tarama deseni kullanılmıştır. Araştırma; betimsel, karşılaştırmalı ve ilişkisel analizleri içermektedir. Bu kapsamda ön lisans öğrencilerinin algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik düzeyleri belirlenmiş, bu düzeylerin öğrenim görülen sınıf ve program türüne göre farklılaşıp farklılaşmadığı incelenmiş ve bölüm tercihi öncesindeki bilgi düzeyi, bölümü tercih etme durumu ve mezuniyet sonrasında eğitim

alınan alanda çalışma niyeti ile algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik düzeyleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir.

4.1. Araştırmanın evreni ve örneklemi

Araştırmanın evrenini, araştırmanın yürütüldüğü meslek yüksekokulunda öğrenim gören öğrenciler oluşturmaktadır. Meslek yüksekokulunda 21 eğitim programında 1315 aktif olarak öğrenci öğrenim görmektedir. Araştırmanın örnekleminin oluşturulmasında olasılığa dayalı olmayan örnekleme yöntemlerinden kolayda örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda araştırmaya, veri toplama sürecinde ulaşılabilen ve araştırmaya gönüllü olarak katılmayı kabul eden öğrenciler dâhil edilmiştir. Farklı programlarda öğrenim gören öğrencilerin araştırmaya katılımının sağlanması yoluyla meslek yüksekokulu öğrencilerinin algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik düzeylerine ilişkin genel bir görünüm elde edilmeye çalışılmıştır. Araştırmanın örneklemini 149 ön lisans öğrencisi oluşturmaktadır. Katılımcıların 79'u birinci sınıfta, 70'i ikinci sınıfta öğrenim görmekte olup 68'i teknik, 81'i ise sosyal programlarda eğitim almaktadır.

4.2. Veri toplama aracı ve verilerin toplanması

Araştırma verileri çevrimiçi anket tekniği kullanılarak toplanmıştır. Araştırmada kullanılan anket formu üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde katılımcılara araştırmanın amacı, gönüllü katılım ve verilerin kullanımına ilişkin bilgilerin yer aldığı bilgilendirme metni sunulmuştur. İkinci bölümde öğrencilerin kişisel ve akademik özelliklerini belirlemeye yönelik beş soru yer almaktadır. Üçüncü bölümde ise öğrencilerin algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik düzeylerini ölçmeye yönelik 24 maddeden oluşan Algılanan Gelecekteki İstihdam Edilebilirlik Ölçeği kullanılmıştır. Bu ölçek, Gunawan vd. (2019) tarafından geliştirilmiş olup algılanan gelecekteki sosyal ağ, beklenen deneyimler, gelecekteki kişisel özellikler, eğitim kurumunun beklenen itibarı, gelecekteki işgücü piyasası bilgisi ve gelecekteki beceriler olmak üzere altı boyuttan oluşmaktadır. Ölçek maddeleri 5'li Likert tipi derecelendirme ile ölçülmektedir. Gunawan vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen özgün çalışmada ölçeğin iç tutarlılık katsayısı toplam ölçek için 0.95; gelecekteki beceriler için 0.88, beklenen deneyimler için 0.92, kişisel özellikler için 0.88, sosyal ağlar için 0.95, işgücü piyasası bilgisi için 0.91 ve eğitim kurumunun itibarı için 0.89 olarak belirlenmiştir.

4.3. Verilerin analizi

Araştırmadan elde edilen veriler SPSS istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Öncelikle katılımcıların kişisel ve akademik özelliklerini belirlemek amacıyla frekans ve yüzde dağılımları, algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik düzeylerini değerlendirmek amacıyla

ise aritmetik ortalama, standart sapma, çarpıklık ve basıklık değerleri hesaplanmıştır. Ölçeğin ve alt boyutlarının iç tutarlılığını değerlendirmek amacıyla Cronbach's Alpha güvenilirlik analizi gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerin algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik düzeylerinin sınıf ve öğrenim görülen program türüne göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla bağımsız örneklem t-testi uygulanmıştır. Bölüm tercihi öncesindeki bilgi düzeyi, bölümü tercih etme durumu ve mezuniyet sonrasında eğitim alınan alanda çalışma niyeti ile genel algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik ve alt boyutları arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla, değişkenlerin sıralı ölçüm özellikleri dikkate alınarak Spearman sıra korelasyon analizi kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

5. BULGULAR

Araştırmada kullanılan Algılanan Gelecekteki İstihdam Edilebilirlik (AGİE) ölçeğinin iç tutarlılığını değerlendirmek amacıyla Cronbach's Alpha güvenilirlik analizi gerçekleştirilmiştir. Tablo 1'de görüldüğü üzere, altı boyut ve 24 maddeden oluşan ölçeğin genel Cronbach's Alpha katsayısı 0,962 olarak hesaplanmıştır. Alt boyutların güvenilirlik katsayılarının ise 0,829 ile 0,926 arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek güvenilirlik katsayısı Gelecekteki İş Deneyimi ($\alpha = 0,926$), en düşük güvenilirlik katsayısı ise Gelecekteki Sosyal Ağ/Bağlantılar ($\alpha = 0,829$) boyutunda elde edilmiştir. Bu sonuçlar, genel ölçeğin ve tüm alt boyutlarının yüksek düzeyde iç tutarlılığa sahip olduğunu göstermektedir (Tavakol ve Dennick, 2011).

Tablo 1. AGİE ölçeğine ilişkin güvenilirlik analizi sonuçları

Ölçek ve alt boyutları	Madde sayısı	Cronbach's α
Gelecekteki Sosyal Ağ/Bağlantılar (GSA)	4	0,829
Gelecekteki İş Deneyimi (GİD)	4	0,926
Gelecekteki Kişisel Özellikler (GKO)	4	0,894
Eğitim Kurumunun İtibarı (EKİ)	4	0,867
Gelecekteki İşgücü Piyasası Bilgisi (GİB)	4	0,853
Gelecekteki Mesleki Bilgi ve Beceriler (GMB)	4	0,921
Genel AGİE Ölçeği	24	0,962

Not: Cronbach's α, iç tutarlılık güvenilirlik katsayısını ifade etmektedir.

Araştırmaya toplam 149 ön lisans öğrencisi katılmıştır. Tablo 2'de sunulan bulgulara göre katılımcıların %53,0'ü birinci sınıfta, %47,0'si ikinci sınıfta öğrenim görmektedir. Öğrencilerin %54,4'ü sosyal, %45,6'sı ise teknik programlarda eğitim almaktadır.

Öğrencilerin bölüm tercihi öncesindeki bilgi düzeyleri incelendiğinde, %47,0'sinin kısmen, %25,5'inin çok az, %14,8'inin iyi, %10,1'inin hiç ve %2,7'sinin çok iyi düzeyde bilgi sahibi olduğu belirlenmiştir. Bölümü tercih etme durumuna ilişkin bulgular, öğrencilerin %45,0'inin mevcut programını tercih edebileceği bölümlerden biri olarak değerlendirdiğini, %26,2'sinin

kısmen isteyerek, %12,8'inin ise özellikle istediği için tercih ettiğini göstermektedir. Buna karşılık %11,4'ü puanı uygun olduğu için, %4,7'si başka seçeneği bulunmadığından mevcut programını tercih ettiğini belirtmiştir.

Mezuniyet sonrasında eğitim aldıkları alanda çalışma niyetleri değerlendirildiğinde, öğrencilerin %45,0'inin çalışmayı düşündüğü, %28,9'unun kesinlikle düşündüğü ve %20,1'inin kararsız olduğu görülmüştür. Alanında çalışmayı düşünmeyenlerin ve kesinlikle düşünmeyenlerin toplam oranı ise %6,0 olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Katılımcıların kişisel ve akademik özelliklerine ilişkin frekans ve yüzde dağılımları

Değişken	Kategori	Frekans (n)	Yüzde (%)
Sınıf	1. sınıf	79	53
	2. sınıf	70	47
Öğrenim Görülen Bölüm	Teknik programlar	68	45,6
	Sosyal programlar	81	54,4
Bölüm Hakkındaki Ön Bilgi Düzeyi	Hiç	15	10,1
	Çok az	38	25,5
	Kısmen	70	47
	İyi	22	14,8
	Çok iyi	4	2,7
Bölümü Tercih Etme Durumu	İstemeden, başka seçeneğim olmadığı için	7	4,7
	Daha çok puanım uygun olduğu için	17	11,4
	Kısmen isteyerek	39	26,2
	Tercih edebileceğim bölümlerden biriydi	67	45
	Özellikle bu bölümü istiyordum	19	12,8
Mezuniyet Sonrası Alanında Çalışma Niyeti	Kesinlikle düşünmüyorum	3	2
	Düşünmüyorum	6	4
	Kararsızım	30	20,1
	Düşünüyorum	67	45
	Kesinlikle düşünüyorum	43	28,9
Toplam katılımcı		149	100

Not: Yüzdeler her değişken için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yuvarlama nedeniyle bazı kategorilerin yüzde toplamları 100'den küçük farklılıklar gösterebilir.

AGİE ölçeği ve alt boyutlarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 3'te sunulmuştur. Araştırmaya katılan öğrencilerin genel AGİE puan ortalaması 4,024 (SS = 0,529) olarak hesaplanmıştır. Alt boyutlar incelendiğinde, en yüksek ortalamanın Gelecekteki Kişisel Özellikler (Ort. = 4,148; SS = 0,647) boyutunda olduğu, bunu sırasıyla Gelecekteki Mesleki Bilgi ve Beceriler (Ort. = 4,114; SS = 0,612), Gelecekteki İş Deneyimi (Ort. = 4,076; SS = 0,630) ve Gelecekteki İşgücü Piyasası Bilgisi (Ort. = 4,060; SS = 0,544) boyutlarının izlediği görülmektedir. En düşük ortalamalar ise Gelecekteki Sosyal Ağ/Bağlantılar (Ort. = 3,901; SS = 0,607) ve Eğitim Kurumunun İtibarı (Ort. = 3,847; SS = 0,696) boyutlarında belirlenmiştir.

Değişkenlerin dağılım özelliklerini değerlendirmek amacıyla çarpıklık ve basıklık katsayıları incelenmiştir. Çarpıklık katsayılarının -1,239 ile -0,348, basıklık katsayılarının ise 0,348 ile 4,408 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çarpıklık için ±2 ve basıklık için ±7 referans değerleri dikkate alındığında katsayıların bu sınırlar içerisinde kaldığı görülmektedir (Finney ve DiStefano, 2006).

Genel olarak bu sonuçlar, öğrencilerin gelecekteki istihdam edilebilirliklerine ilişkin algılarının beşli ölçeğin üst puanlarına yakın olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte öğrencilerin kendi kişisel özelliklerine ve mesleki yeterliklerine ilişkin değerlendirmelerinin, eğitim kurumunun itibarı ve gelecekteki sosyal bağlantılarına ilişkin değerlendirmelerinden görece daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 3. AGİE ölçeği ve alt boyutlarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Ölçek ve Boyutları	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	SS.	Çarpıklık		Basıklık	
GSA	149	1,50	5,00	3,9010	,60740	-,34761	,19869	1,21726	,39486
GİD	149	1,00	5,00	4,0755	,62985	-1,09990	,19869	4,40753	,39486
GKO	149	1,00	5,00	4,1477	,64660	-1,23934	,19869	4,18784	,39486
EKİ	149	1,75	5,00	3,8473	,69610	-,41140	,19869	,34834	,39486
GİB	149	1,50	5,00	4,0604	,54420	-,47435	,19869	2,66987	,39486
GMB	149	1,75	5,00	4,1141	,61202	-,64818	,19869	1,81124	,39486
AGİE	149	1,88	5,00	4,0243	,52907	-,57817	,19869	2,47381	,39486

Not: Ort. = Aritmetik ortalama; SS = Standart sapma. Alt boyutlar ve genel ölçek 1–5 aralığında puanlanmıştır.

Öğrencilerin algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik düzeylerinin öğrenim gördükleri sınıfa göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla bağımsız örneklem t-testi gerçekleştirilmiştir. Tablo 4'te sunulan sonuçlara göre, birinci sınıf öğrencilerinin genel AGİE puan ortalaması 4,051 (SS = 0,556), ikinci sınıf öğrencilerinin ise 3,995 (SS = 0,499) olarak hesaplanmıştır. Birinci sınıf öğrencilerinin genel AGİE puan ortalaması daha yüksek olmakla birlikte, gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($t(147) = 0,643$; $p = 0,521$).

Alt boyutlar incelendiğinde, Gelecekteki Sosyal Ağ/Bağlantılar ($p = 0,803$), Gelecekteki İş Deneyimi ($p = 0,431$), Gelecekteki Kişisel Özellikler ($p = 0,643$), Eğitim Kurumunun İtibarı ($p = 0,849$), Gelecekteki İşgücü Piyasası Bilgisi ($p = 0,332$) ve Gelecekteki Mesleki Bilgi ve Beceriler ($p = 0,230$) boyutlarının hiçbirinde sınıf değişkenine göre anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Elde edilen bulgular, araştırmaya katılan öğrencilerin genel AGİE düzeylerinin ve alt boyutlara ilişkin algılarının öğrenim gördükleri sınıfa göre istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklılaşmadığını göstermektedir.

Tablo 4. AGİE ve alt boyutlarının sınıf değişkenine göre karşılaştırılması

Ölçek ve alt boyutları	Sınıf	N	Ort.	SS	t	p
GSA	1. sınıf	79	3,889	0,562	-0,25	0,803
	2. sınıf	70	3,914	0,659		
GİD	1. sınıf	79	4,114	0,681	0,79	0,431
	2. sınıf	70	4,032	0,568		
GKO	1. sınıf	79	4,171	0,687	0,465	0,643
	2. sınıf	70	4,121	0,602		
EKİ	1. sınıf	79	3,858	0,746	0,191	0,849
	2. sınıf	70	3,836	0,64		
GİB	1. sınıf	79	4,101	0,579	0,974	0,332
	2. sınıf	70	4,014	0,502		
GMB	1. sınıf	79	4,171	0,616	1,205	0,23
	2. sınıf	70	4,05	0,606		
Genel AGİE	1. sınıf	79	4,051	0,556	0,643	0,521
	2. sınıf	70	3,995	0,499		

Not: Ort. = Aritmetik ortalama; SS = Standart sapma; t = Bağımsız örneklem t-testi istatistiği; sd = 147. p değerleri iki yönlüdür. Tüm karşılaştırmalarda p > 0,05'tir.

Öğrencilerin algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik düzeylerinin öğrenim gördükleri program türüne göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla bağımsız örneklem t-testi uygulanmıştır. Tablo 5'te sunulan bulgulara göre, teknik programlarda öğrenim gören öğrencilerin genel AGİE puan ortalaması 4,056 (SS = 0,509), sosyal programlarda öğrenim gören öğrencilerin ise 3,997 (SS = 0,547) olarak hesaplanmıştır. Teknik programlarda öğrenim gören öğrencilerin puan ortalaması görece yüksek olmakla birlikte, iki grup arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir (t(147) = 0,676; p = 0,500).

Alt boyutlara ilişkin analiz sonuçlarında da Gelecekteki Sosyal Ağ/Bağlantılar (p = 0,121), Gelecekteki İş Deneyimi (p = 0,418), Gelecekteki Kişisel Özellikler (p = 0,759), Eğitim Kurumunun İtibarı (p = 0,575), Gelecekteki İşgücü Piyasası Bilgisi (p = 0,974) ve Gelecekteki Mesleki Bilgi ve Beceriler (p = 0,843) boyutlarının hiçbirinde program türüne göre anlamlı farklılık saptanmamıştır. Bu sonuçlar, öğrencilerin gelecekteki istihdam edilebilirlik algılarının teknik veya sosyal programlarda öğrenim görme durumuna göre anlamlı biçimde farklılaşmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 5. AGİE ve alt boyutlarının öğrenim görülen program türüne göre karşılaştırılması

Ölçek ve alt boyutları	Program türü	N	Ort.	SS	t	p
GSA	Teknik	68	3,985	0,568	1,559	0,121
	Sosyal	81	3,83	0,633		
GİD	Teknik	68	4,121	0,579	0,813	0,418
	Sosyal	81	4,037	0,671		
GKO	Teknik	68	4,165	0,625	0,307	0,759

	Sosyal	81	4,133	0,667		
EKİ	Teknik	68	3,882	0,649	0,562	0,575
	Sosyal	81	3,818	0,736		
GİB	Teknik	68	4,059	0,557	-0,032	0,974
	Sosyal	81	4,062	0,537		
GMB	Teknik	68	4,125	0,601	0,199	0,843
	Sosyal	81	4,105	0,625		
Genel AGİE	Teknik	68	4,056	0,509	0,676	0,5
	Sosyal	81	3,997	0,547		

Not: Ort. = Aritmetik ortalama; SS = Standart sapma; t = Bağımsız örneklem t-testi istatistiği; sd = 147. p değerleri çift yönlüdür. Levene testleri tüm karşılaştırmalarda anlamsız olduğundan (p > 0,05), eşit varyans varsayımı esas alınmıştır.

Öğrencilerin bölüm tercihi öncesindeki bilgi düzeyleri, bölümü tercih etme durumları ve mezuniyet sonrasında eğitim aldıkları alanda çalışma niyetleri ile algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik düzeyleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla Spearman sıra korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Tablo 6'da sunulan sonuçlara göre, bölüm tercihi öncesindeki bilgi düzeyi ($\rho = 0,224$; $p = 0,006$), bölümü tercih etme durumu ($\rho = 0,296$; $p < 0,001$) ve mezuniyet sonrasında alanında çalışma niyeti ($\rho = 0,342$; $p < 0,001$) ile genel AGİE arasında pozitif yönlü, zayıf düzeyde ve istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir (Akoglu, 2018). Üç değişken arasında genel AGİE ile en yüksek korelasyon katsayısının mezuniyet sonrasında alanında çalışma niyetinde olduğu belirlenmiştir.

Alt boyutlara ilişkin korelasyon sonuçları incelendiğinde, bölüm tercihi öncesindeki bilgi düzeyinin Gelecekteki Sosyal Ağ/Bağlantılar ($\rho = 0,170$; $p = 0,038$), Gelecekteki Kişisel Özellikler ($\rho = 0,178$; $p = 0,030$), Gelecekteki İşgücü Piyasası Bilgisi ($\rho = 0,227$; $p = 0,005$) ve Gelecekteki Mesleki Bilgi ve Beceriler ($\rho = 0,237$; $p = 0,004$) boyutlarıyla pozitif yönlü ve anlamlı ilişkiler gösterdiği belirlenmiştir. Buna karşılık Gelecekteki İş Deneyimi ($p = 0,149$) ve Eğitim Kurumunun İtibarı ($p = 0,170$) boyutlarıyla istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Bölümü tercih etme durumu ile AGİE'nin altı boyutunun tamamı arasında pozitif yönlü ve anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Korelasyon katsayılarının 0,163 ile 0,279 arasında değiştiği, en yüksek ilişkinin Gelecekteki Sosyal Ağ/Bağlantılar ($\rho = 0,279$; $p = 0,001$), en düşük ilişkinin ise Eğitim Kurumunun İtibarı ($\rho = 0,163$; $p = 0,047$) boyutunda olduğu görülmüştür.

Mezuniyet sonrasında eğitim alınan alanda çalışma niyeti ile Gelecekteki Sosyal Ağ/Bağlantılar ($\rho = 0,223$; $p = 0,006$), Gelecekteki İş Deneyimi ($\rho = 0,329$; $p < 0,001$), Gelecekteki Kişisel Özellikler ($\rho = 0,348$; $p < 0,001$), Gelecekteki İşgücü Piyasası Bilgisi ($\rho = 0,332$; $p < 0,001$) ve Gelecekteki Mesleki Bilgi ve Beceriler ($\rho = 0,251$; $p = 0,002$) boyutları arasında pozitif yönlü

ve anlamlı ilişkiler belirlenmiştir. Buna karşılık Eğitim Kurumunun İtibarı boyutuyla anlamlı ilişki tespit edilmemiştir ($\rho = 0,139$; $p = 0,090$). Bu değişkenin alt boyutlarla ilişkileri arasında en yüksek korelasyon katsayısı Gelecekteki Kişisel Özellikler boyutunda elde edilmiştir.

Genel olarak korelasyon analizi sonuçları, bölüm tercihi öncesindeki bilgi düzeyi, bölüm tercihine ilişkin isteklilik ve mezuniyet sonrasında alanında çalışma niyeti yükseldikçe öğrencilerin gelecekteki istihdam edilebilirlik algılarının da artma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte ilişkilerin çoğunlukla zayıf düzeyde olması, söz konusu değişkenler ile AGİE arasındaki ilişkinin sınırlı büyüklükte olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 6. Akademik değişkenler ile AGİE ve alt boyutları arasındaki spearman korelasyon analizi sonuçları

Ölçek ve alt boyutları	Ön bilgi düzeyi	Bölüm tercihi	Kariyer tercihi
GSA	0,170*	0,279**	0,223**
GİD	0,119	0,229**	0,329**
GKO	0,178*	0,238**	0,348**
EKİ	0,113	0,163*	0,139
GİB	0,227**	0,178*	0,332**
GMB	0,237**	0,230**	0,251**
Genel AGİE	0,224**	0,296**	0,342**

Not: N = 149; Spearman's rho (ρ) katsayıları gösterilmiştir. *p < 0,05; **p < 0,01 (çift yönlü).

6. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu araştırmada, ön lisans öğrencilerinin algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik düzeyleri ile kişisel ve akademik özellikleri arasındaki farklılıklar ve ilişkiler incelenmiştir. Araştırma sonucunda öğrencilerin gelecekteki istihdam edilebilirliklerine ilişkin genel algılarının olumlu olduğu, özellikle gelecekte sahip olacakları kişisel özellikler ile mesleki bilgi ve beceriler konusunda kendilerini daha yeterli gördükleri belirlenmiştir. Buna karşılık eğitim kurumunun itibarı ve gelecekteki sosyal ağlara ilişkin algıların görece daha düşük olması, öğrencilerin istihdam edilebilirliklerini değerlendirirken bireysel yeterliklerine daha fazla güvendiklerini, dışsal kaynaklar konusunda ise daha temkinli olduklarını düşündürmektedir. Bu bulgu, algılanan gelecekteki istihdam edilebilirliğin bireysel, ilişkisel ve bağlamsal unsurları içeren çok boyutlu bir yapı olduğunu vurgulayan Gunawan vd. (2019) ve Cusimano vd. (2026) tarafından ortaya konulan yaklaşımlarla birlikte değerlendirilebilir.

Araştırmada öğrencilerin gelecekteki istihdam edilebilirlik algılarının öğrenim gördükleri sınıf ve program türüne göre anlamlı biçimde farklılaşmadığı belirlenmiştir. Buna karşılık bölüm tercihi öncesindeki bilgi düzeyi, bölümü tercih etme durumu ve mezuniyet sonrasında eğitim alınan alanda çalışma niyeti ile gelecekteki istihdam edilebilirlik algısı arasında pozitif yönlü ilişkiler tespit edilmiştir. Özellikle mezuniyet sonrasında eğitim aldığı alanda çalışmayı

düşünen öğrencilerin gelecekteki istihdam edilebilirlik algılarının daha olumlu olma eğilimi, kariyerle ilişkili tutumların bu algıyla bağlantılı olabileceğini düşündürmektedir. Bu sonuç, kariyer stratejileri ve proaktiflik ile algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik arasındaki ilişkileri ortaya koyan Gunawan vd. (2021) ve kariyer uyumluluğunun önemini vurgulayan Ayvaz ve Karacan-Özdemir (2024) tarafından gerçekleştirilen araştırmaların bulgularıyla genel olarak örtüşmektedir. Bununla birlikte, belirlenen ilişkilerin sınırlı büyüklükte olması, öğrencilerin gelecekteki istihdam edilebilirlik algılarının yalnızca incelenen akademik özelliklerle açıklanamayacağını düşündürmektedir.

Araştırmadan elde edilen bulgular, ön lisans öğrencilerinin eğitimden çalışma yaşamına geçiş süreçlerinde kariyer farkındalığını ve mesleki yönelimlerini destekleyen uygulamaların önemine işaret etmektedir. Bu doğrultuda öğrencilerin tercih edecekleri programlar hakkında yeterli bilgiye ulaşmalarının sağlanması, eğitim sürecinde mesleki hedeflerini belirlemelerine yardımcı olunması ve mezuniyet sonrasındaki istihdam olanakları konusunda bilgilendirilmeleri yararlı olabilir. Ayrıca sosyal bağlantılar ve eğitim kurumunun itibarı boyutlarının görece düşük değerlendirilmesi, meslek yüksekokullarının sektörle iş birliklerini, işverenlerle öğrencileri buluşturan etkinlikleri ve kariyer danışmanlığı hizmetlerini geliştirmesine yönelik uygulama alanları sunmaktadır. Böylece çalışma, ön lisans öğrencilerinin gelecekteki istihdam edilebilirlik algılarının anlaşılmasına katkı sağlamanın yanı sıra mesleki yükseköğretimde kariyer odaklı destek mekanizmalarının geliştirilmesine yönelik çıkarımlar sunmaktadır.

Araştırmanın tek bir meslek yüksekokulunda, kolayda örnekleme yöntemiyle ve gönüllü katılımcılardan elde edilen verilerle gerçekleştirilmiş olması, bulguların farklı yükseköğretim kurumlarına ve öğrenci gruplarına genellenebilirliğini sınırlandırmaktadır. Ayrıca kesitsel araştırma deseni, değişkenler arasında belirlenen ilişkilerin nedensel olarak yorumlanmasına olanak vermemektedir. Verilerin öz bildirim yöntemiyle toplanmış olması da katılımcıların kişisel değerlendirmelerinden kaynaklanabilecek yanlılıkları beraberinde getirebilir. Gelecekte farklı meslek yüksekokullarını ve eğitim programlarını kapsayan daha geniş örneklemlerle gerçekleştirilecek araştırmalarda, kariyer uyumluluğu, kariyer öz-yeterliği, psikolojik sermaye ve kariyer desteği gibi değişkenlerin de incelenmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine, 18*(3), 91–93. https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001

Alkın, S., Korkmaz, O., & Balcı Çelik, S. (2020). Algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik ölçeğinin Türkçeye uyarlanması. *İş ve İnsan Dergisi, 7*(1), 33–47. https://doi.org/10.18394/iid.593944

Alkın, S., & Öksüz, Y. (2020). Üniversite öğrencilerinin algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik, psikolojik iyi oluş ve yaşam doyumları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Türkiye Bilimsel Araştırmalar Dergisi, 5*(2), 211-219.

Aslan, Y., Koçak, O., Çelik, A., Alkhulayfi, A. M. A., Gómez-Salgado, J., & Yıldırım, M. (2026). School satisfaction, socioeconomic status, and life satisfaction: Testing the mediating role of perceived future employability and the moderating role of gender. *Frontiers in Psychology, 17*, 1779829. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2026.1779829

Ayvaz, A., & Karacan-Özdemir, N. (2024). The role of contextual predictors and psychosocial resources in the school-to-work transition. *The Career Development Quarterly, 72*(4), 346–365. https://doi.org/10.1002/cdq.12365

Chen, W., Shao, K., Xiao, Q., & Mai, Y. (2023). Development and validation of Chinese college students' future employability scale. *Frontiers in Psychology, 14*, 1063437. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1063437

Creed, P. A., Hood, M., Bagley, L., Brough, P., Bialocerkowski, A., Machin, M. A., & Winterbotham, S. (2022). Organisational career growth: Implications for future perceived employability in students who work. *International Journal of Educational Research, 112*, 101950. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2022.101950

Cusimano, G., Pace, F., & Moavero, C. (2026). Aspirations, perceptions, and reality: Examining the role of the learning experience on university students' perceived employability. *Sustainability, 18*(16), 8478. https://doi.org/10.3390/su18168478

Ferolino, A. J. P., Villamero, D. M. B., & Espinosa, M. A. S. (2026). An evaluation of an experiential-based psychological capital intervention to enhance perceived future employability among final-year university students. *Industry and Higher Education*. *Advance online publication.* https://doi.org/10.1177/09504222261417789

Finney, S. J., & DiStefano, C. (2006). Non-normal and categorical data in structural equation modeling. In G. R. Hancock & R. O. Mueller (Eds.), *Structural equation modeling: A second course* (pp. 269–314). Information Age Publishing.

Gökkaya, D., & Erten, Ş. (2024). The effect of perceived future employability on future anxiety: A study on healthcare management students. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 34*(2), 803–815. https://doi.org/10.18069/firatsbed.1443922

Gunawan, W., Creed, P. A., & Glendon, A. I. (2019). Development and initial validation of a perceived future employability scale for young adults. *Journal of Career Assessment, 27*(4), 610–627. https://doi.org/10.1177/1069072718788645

Gunawan, W., Creed, P. A., & Glendon, A. I. (2021). Young adults' perceived future employability: Antecedents and consequences. *International Journal for Educational and Vocational Guidance, 21*, 101–122. https://doi.org/10.1007/s10775-020-09430-7

Gunawan, W., Glendon, A. I., & Creed, P. A. (2025). Young adults perceived future employability: Testing a social cognitive career model. *International Journal for Educational and Vocational Guidance, 25*, 1287–1304. https://doi.org/10.1007/s10775-024-09666-7

Kertechian, K. S., Ismail, H. N., & Karkoulian, S. (2023). How employable do students perceive themselves to be in the future? Evidence from the Middle East. *Industry and Higher Education, 37*(2), 222–236. https://doi.org/10.1177/09504222221119711

Kim, S., Creed, P. A., Hood, M., & Bath, D. (2024). Protean career processes in young adults: Relationships with perceived future employability, educational performance, and commitment. *International Journal for Educational and Vocational Guidance*, 24, 603–626. https://doi.org/10.1007/s10775-023-09584-0

Kirikkanat, B. (2026). Undergraduates' social-emotional learning and perceived future employability: Mediation by career engagement. *British Journal of Guidance & Counselling, 54*(2), 340–350. https://doi.org/10.1080/03069885.2026.2617193

Koçakoğlu, M. G., & Yalçın, S. B. (2023). Üniversite öğrencilerinin psikolojik ihtiyaçları, geleceğe ilişkin tutumları ile algılanan gelecekteki istihdam edilebilirlik arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi, 5*(3), 887–905. https://doi.org/10.38151/akef.2023.90

OECD. (2025). Education at a glance 2025: OECD indicators. https://www.oecd.org/en/publications/education-at-a-glance-2025_1a3543e2-en/turkiye_9648f416-en.html

Rothwell, A., Herbert, I., & Rothwell, F. (2008). Self-perceived employability: Construction and initial validation of a scale for university students. *Journal of Vocational Behavior, 73*(1), 1–12. https://doi.org/10.1016/j.jvb.2007.12.001

Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education, 2*, 53–55. https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd

TÜİK. (2026). İstatistiklerle gençlik, 2025. https://www.tuik.gov.tr/media/announcements/ist_genc2025.pdf

Wójcik, P., & Litwinek, J. (2026). Validation of the Polish version of the perceived future employability scale (PFES). *Sustainability*, *18*(2), 1049. https://doi.org/10.3390/su18021049

Yaman, Z., & Sırkıntıoğlu Yıldırım, Ş. (2025). Üniversite öğrencilerinde geleceğe dair istihdam edilebilirlik algısının kariyer uyum yeteneği üzerindeki etkisi. *Gençlik Araştırmaları Dergisi, 13*(37), 124–149. https://doi.org/10.52528/genclikarastirmalari.1628886

Yırtıcı, P. A., & Duy, B. (2025). How does perceived future employability mediate the link between hope and subjective well-being? *Journal of Employment Counseling, 62*(4), 218–227. https://doi.org/10.1002/joec.12249

UYGULAMALI DİLBİLİMDE SÖZCÜK ÖBEKLERİ VE TUTUM BELİRLEYİCİLERİ: TÜRK AKADEMİSYENLERİN İNGİLİZCE YAZILARINA YÖNELİK DERLEM ODAKLI BİR İNCELEME

Master's Student Tuğba BEZCIOĞLU
Bursa Uludağ University, Institute of Educational Sciences, Department of English Language Teaching, Nilüfer, Bursa
MAIL: 802593005@ogr.uludag.edu.tr
ORCID ID: 0009-0007-5363-1737
Assoc. Prof. Dr. Çiğdem KARATEPE
Bursa Uludağ University, Faculty of Education, Department of English Language Teaching, Nilüfer, Bursa
MAIL: ozlem1@uludag.edu.tr
ORCID ID: 0000-0002-2902-6656

ÖZET

Sözcük öbekleri (lexical bundles) ve tutum belirleyicileri (attitude markers), yazarın duruşunu ifade etmesine yardımcı olan, okuyucuyu metin konusunda yönlendiren ve yazma sürecini kolaylaştıran temel akademik yazı unsurlarıdır. Ancak Türk akademisyenlerin İngilizce akademik yazılarında bu unsurları beraber inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu boşluğu doldurmak amacıyla bu çalışma, Uygulamalı Dilbilim alanındaki Türk akademisyenlerin üç ve dört sözcüklü öbekler ile tutum belirleyicilerini kullanımını, sıklık ve işlevsel özellikler açısından incelemektedir. Çalışmada derlem odaklı (corpus-based) bir yaklaşım benimsenmiş ve analizler AntConc programıyla yapılmıştır. Derlem, 2018–2025 yılları arasında yayımlanan 200 araştırma makalesinin tartışma bölümlerinden oluşmaktadır (234.930 sözcük). Sözcük öbekleri Hyland'ın (2008) sınıflandırmasına göre kategorilere ayrılmış, tutum belirleyicileri ise Hyland'ın (2005) tanımı ve Guziurová'dan (2014) uyarlanan bir sınıflandırma ile analiz edilmiştir. Bulgular, üç sözcüklü öbeklerde araştırma odaklı (research-oriented) öbeklerin baskın olduğunu, dört sözcüklü öbeklerde ise metin odaklı (text-oriented) öbeklerin en sık kullanılan grup olduğunu göstermektedir. Ayrıca dört sözcüklü öbeklerde 'it was found that' gibi edilgen yapıların en sık tekrar eden öbekler olduğu görülmektedir. Tutum belirleyicilerinde en sık kullanılan grup 'important' gibi önem belirleyicileridir; bunları değerlendirme ve zorunluluk belirleyicileri izlemektedir. Bunun yanı sıra, tek tek belirleyiciler arasında 'should' kelimesinin de sıkça kullanıldığı belirlenmiştir.'Should' kelimesinin yaygın kullanımı öğretici bir tutuma işaret ederken, edilgen yapıların sık kullanımı, katılımcı odaklı sözcük öbeklerinin az kullanımı akademik metinlerde yazarın kendi varlığını geri planda tutma eğilimini yansıtmaktadır. Genel olarak bu bulgular, yazarın sesinin (authorial voice) ve olası anadil etkilerine yönelik farkındalığın önemini vurgulamaktadır. Gelecek çalışmalar bu anadil etkisini inceleyebilir ve farklı disiplinlerdeki Türk çalışmalarını karşılaştırabilir.

Anahtar kelimeler: Sözcük öbekleri, tutum belirleyicileri, Uygulamalı Dilbilim, Türk akademisyenler, akademik yazı, derlem güdümlü çalışma

LEXICAL BUNDLES AND ATTITUDE MARKERS IN APPLIED LINGUISTICS: A CORPUS-BASED ANALYSIS OF TURKISH SCHOLARS' ACADEMIC WRITING

ABSTRACT

Lexical bundles and attitude markers have an important place in academic writing, as they facilitate the academic writing process and express scholars' stance. Despite their essential features, there is limited research related to how Turkish scholars use both lexical bundles and attitude markers in their English academic writing. To fill this gap, this study aims to investigate the usage of three- and four-word lexical bundles and attitude markers in studies in the field of Applied Linguistics. The corpus comprises the discussion sections of 200 studies and contains 234,930 tokens. AntConc was used to examine the frequency and functional characteristics of lexical bundles. For lexical bundles, Hyland's (2008) classification was used, while attitude markers were analyzed using Hyland's (2005) definition and a classification adapted from Guziurová (2014). The findings show that research-oriented bundles in three-word bundles and text-oriented bundles in four-word bundles were the dominant categories. It was frequently observed that impersonal passive forms such as 'it was found that' were the most recurring ones among four-word lexical bundles. In terms of attitude markers, importance markers like 'important' and 'importance' are frequently observed, followed by evaluation and obligation markers. In addition, the modal verb 'should' occurs commonly among individual markers. The high use of passive forms may reflect writers' desire to minimize their presence. The frequent use of 'should' may show that Turkish scholars tend to adopt a didactic stance toward readers. Overall, these findings appear to highlight the importance of writers' authorial voice and their possible awareness of possible L1 effects. Future studies may investigate the potential L1 effect on English academic writing and compare Turkish studies across different disciplines.

Keywords: Lexical bundles, attitude markers, Applied Linguistics, metadiscourse, academic English, corpus-based study

1. INTRODUCTION

Academic discourse has become an object of interest, especially in terms of the use of lexical bundles (Bal-Gezegin, 2019; Biber & Barbieri, 2007; Biber et al., 2021; Özçelik & Bal-Gezegin, 2025), the expression of authorial stance, and metadiscourse markers to engage readers (Jančaříková, 2023). Multiword expressions are commonly observed in academic prose and are referred to by different terms, such as bundles, clusters, or chunks (Hyland & Jiang,

2018a). In this regard, lexical bundles are recurring word combinations, rather than random word sequences, and their use shows differences across disciplines (Hyland, 2008). The widespread use of bundles and the current corpus software tools have led to an increase in studies investigating them (Hyland, 2012).

Academic discourse is viewed as an interactive process in which writers aim to persuade readers, rather than simply presenting facts or findings (Hyland, 2005). Metadiscourse, moreover, connects writers' purposes with readers' expectations. For instance, interactional metadiscourse markers like hedges, boosters, attitude markers, engagement markers, and self-mentions help writers present their personal voice in their studies and engage with readers. In this perspective, attitude markers such as 'crucial', 'must', and 'unexpected' are essential for writers to present their evaluations and judgments, to support their argument more effectively, and to make it visible.

In line with this, the study investigates three- and four-word lexical bundles and attitude markers in the discussions of 200 English-language applied linguistics research articles written by Turkish scholars between 2018 and 2025. The corpus used in this study consists of 234,930 tokens. Despite the prevalence of lexical bundles and attitude markers, few studies examine how Turkish scholars use both in English academic writing. Discussion sections are preferred in the current study because they provide evaluations and judgments that contribute to the investigation of lexical bundles and attitude markers. This is supported by a study indicating that attitude markers are used more frequently in the final sections of research articles (Guziurová, 2014).

By focusing on both lexical bundles and attitude markers, this study aims to present two perspectives on English academic discourse from the perspective of Turkish scholars: formulaic language and the expression of value judgments. This study utilizes Hyland's (2008) functional classification for lexical bundle analysis. For attitude markers, the analysis is based on Hyland's (2005) definition and categorized according to a classification adapted from Guziurová (2014). The present study aims toanswer the following three research questions:

1. What are the frequency and functional distributions of three-word lexical bundles employed by Turkish scholars in Applied Linguistics in academic prose?
2. What are the frequency and functional distributions of four-word lexical bundles employed by Turkish scholars in Applied Linguistics in academic prose?
3. What are the frequency and functional distributions of attitude markers employed by Turkish scholars in Applied Linguistics in academic prose?

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Corpus

Lexical bundles and attitude markers were identified and analyzed following a corpus-based approach. The data consisted of the discussion sections of 200 articles published in the field of applied linguistics by Turkish academics between 2018 and 2025. The corpus consisted of 234,930 words in total. AntConc, a corpus software tool, was used to collect and analyze data.

2.2. Identification of lexical bundles

Three- and four-word sequences were generated using the N-Gram tool in AntConc, and the 20 most frequent sequences of each length were selected. Overlapping sequences and topic-specific phrases were removed. All selected bundles occurred at least ten times per million words and in at least five different articles, as suggested by Biber et al. (2021). This requirement helps ensure that the sequence is commonly preferred by various writers, rather than being specific to a single writer. Three-word and four-word lexical bundles were classified based on Hyland's (2008) functional taxonomy. After identifying them using AntConc, the bundles were manually analyzed into three functional types: research-oriented, text-oriented, and participant-oriented. Research-oriented bundles help writers structure their activities and real-world experiences. Text-oriented bundles are used to organize the text and guide the flow of ideas. Participant-oriented bundles are connected to the writer's voice and the reader's role in the text.

2.3. Identification and classification of attitude markers

In addition to lexical bundles, AntConc was used to identify attitude markers. In AntConc, only words that occurred in at least 20 texts (10% of the corpus) were included, and these words were then checked manually in context to identify their use as attitude markers and ranked according to their frequencies.

In his 2005 study, Hyland states that attitude markers are expressions that show writers' feelings or judgments towards what they have said, such as whether they find it important, surprising or interesting. While hedges and boosters show to what extent writers are certain about what they say, attitude markers focus on how writers feel about it. However, Guziurová (2014) underlines certain limitations in Hyland's framework. She states that "these definitions are somewhat general, and Hyland did not specify them further or go into more detail" (p. 84). Guziurová's (2014) classification provides a more detailed categorization of attitude markers: importance, value and appropriacy, interest, usefulness, difficulty, obligation, emphasis, and expectedness. For the purposes of the present study, Guziurová's (2014) classification was adapted into four categories (Table 1): importance, evaluation, obligation, and expectedness. The categories of

value and appropriacy, interest, usefulness, difficulty, and emphasis were grouped under evaluation, as they express writers' judgments. This adaptation was made to organize attitude markers according to their functions in the present corpus.

Table 1. Adaptation of Guziurová's (2014) categories in the present study

Category in the present study	Guziurová's (2014) categories
Importance	Importance
Evaluation	Value and appropriacy, interest, usefulness, difficulty, emphasis
Obligation	Obligation
Expectedness	Expectedness

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Three-word lexical bundles (RQ1)

As shown in Table 2, the 20 most frequent three-word lexical bundles had a total of 120.46 occurrences per 10,000 words. Such bundles were grouped into three categories: research-oriented, text-oriented, and participant-oriented, with the classification based on Hyland (2008). Table 2 shows their functional classification.

Table 2. Functional classification of the 20 most frequent three-word lexical bundles following Hyland's (2008) framework

Functional Category	Lexical Bundle	Freq. (n)	Per 10k
Research-oriented	Of the students	159	6.77
	Of the study	153	6.51
	In this study	142	6.04
	The use of	135	5.75
	Of this study	134	5.70
	The present study	122	5.19
	One of the	119	5.07
	Of the curriculum	116	4.94
	In the study	114	4.85
	In the literature	109	4.64
TOTAL RESEARCH		1,303	55.46
Text-oriented	In terms of	279	11.88
	The findings of	177	7.53
	The results of	151	6.43
	According to the	128	5.45
	In order to	127	5.41
	On the other (hand)	119	5.07
	In line with	113	4.81
TOTAL TEXT		1,094	46.57
Participant-oriented	It can be	200	8.51
	The fact that	122	5.19
	The importance of	111	4.72

Functional Category	Lexical Bundle	Freq. (n)	Per 10k
TOTAL PARTICIPANT		433	18.43
GRAND TOTAL		2,830	120.46

Regarding the first question, the use of three-word phrases in written texts is commonly seen in Turkish academic writing. In fact, five out of the twenty most frequent three-word phrases in this study ('in terms of ', 'it can be', 'in this study', 'the use of', 'in order to') are also mentioned as frequent phrases in Hyland (2008). Thus, it can be argued that Turkish academic writers use some of the common phrases in academic English.

Research-oriented bundles help writers understand how to structure their experiences and activities in the real world (Hyland, 2008; Hyland, 2012). Among the twenty most often used bundles, the research-oriented bundles have the highest normalized frequency (55.46 in 10,000). This indicates that the authors refer to their research, subject matter, and participants. Furthermore, their use is related to the field of Applied Linguistics, which includes language teaching and students, with frequent examples of bundles like 'of the students' or 'of the curriculum' in the present corpus.

The use of the expressions 'of this study', 'in this study', and 'the present study' indicates that Turkish authors often prefer to refer to their study. These bundles allow writers to refer to their research without explicitly presenting themselves as authors. However, from international perspective, Hyland and Jiang (2018b) found that self-mention in research articles increased by almost 50% over the last 50 years. This may for the purpose of putting emphasis on the study rather than on the authors' involvement in the study. This tendency is in line with the lack of engagement bundles among the 20 most frequent bundles, suggesting that Turkish writers tend to keep their own voice in the background. Shirazizadeh and Amirfazlian (2021) also suggested that thesis writers in applied linguistics may use research-oriented bundles to minimize their authorial presence and maintain an impersonal style.

The high frequency of the expression 'in terms of' suggests that Turkish writers in the present corpus may have a tendency to limit the focus of the subject and direct the reader's attention to a specific aspect. This bundle was also more frequent in Turkish writers' research articles than in native writers' articles (Uçar, 2017). Similarly, Öztürk and Köse (2016) found its extension version 'in terms of the' and stated that Turkish postgraduate students overuse this bundle compared with native English-speaking postgraduate students and scholars. They also stated that this frequent use may also be due to L1 effect, as 'in terms of' corresponds to Turkish

expressions ‘açısından’ and ‘bakımından’. Nonetheless, this possibility cannot be confirmed without comparing the present corpus with native English and L1 Turkish corpora.

Participant-oriented bundles (18.43 per 10,000 words) had the lowest frequency among the three functional categories in this study. These bundles are related to authorial presence and the reader’s involvement (Hyland, 2008). The low frequency of participant-oriented bundles may indicate that Turkish writers express their stance with impersonal structures, instead of addressing the reader directly or referring to themselves. Interestingly, all three participant-oriented bundles in this study (‘it can be’, ‘the fact that’, and ‘the importance of’) were stance bundles, while no engagement bundles were identified (Hyland 2012). This suggests that Turkish authors in the group might prefer not to interact with readers directly; instead, they may rely on research and information transfer rather than personal evaluations, leading to a research-oriented focus. In line with this, Hyland (2012) found that master’s students used fewer participant-oriented bundles and more research-oriented ones.

Lastly, the presence of expression ‘the importance of’ reflects an evaluative function, which is consistent with the attitude marker findings, where ‘importance’ was one of the most frequent items and the most frequent category.

3.2. Four-word lexical bundles (RQ2)

Table 3 shows the 20 most commonly used four-word lexical bundles in the present corpus. It was identified that these bundles occurred 1,030 times, which equals 43.84 occurrences per 10,000 words. Following Hyland’s (2008) taxonomy, these bundles were categorized into three functional groups: text-oriented, participant-oriented, and research-oriented.

Table 3. Functional classification of the 20 most frequent four-word lexical bundles following Hyland’s (2008) framework

Functional Category	Lexical Bundle	Freq. (n)	Per 10k
Research-oriented	Studies in the literature	46	1.96
	The students in the	37	1.57
	Of the present study	36	1.53
	The study conducted by	32	1.36
TOTAL RESEARCH		151	6.43
Text-oriented	On the other hand	116	4.94
	The results of the	79	3.36
	The findings of the	61	2.60
	As a result of	60	2.55
	In terms of the	55	2.34
	In line with the	53	2.26
	It is seen that	53	2.26
	It was found that	47	2.00

Functional Category	Lexical Bundle	Freq. (n)	Per 10k
	With the findings of	46	1.96
	The findings of this	45	1.92
	It was observed that	43	1.83
	It was determined that	40	1.70
	The results of this	36	1.53
	It was concluded that	35	1.49
TOTAL TEXT		769	32.73
Participant-oriented	It can be said	79	3.36
	The fact that the	31	1.32
TOTAL PARTICIPANT		110	4.68
GRAND TOTAL		1,030	43.84

Among the 20 four-word bundles in this list, text-oriented bundles account for almost 75% of the most common four-word bundles, followed by research- and participant-oriented bundles. This differs from the three-word bundles, where research-oriented bundles are the most common.

The distribution obtained in the present study is consistent with the results of Hyland (2008), which showed that text-oriented bundles were the most frequently used among bundles, followed by research-oriented and participant-oriented bundles. This same order was also observed by Özçelik and Bal-Gezegin (2025) in their analysis of Turkish scholars' abstracts. Nevertheless, Shirazizadeh and Amirfazlian (2021), who have carried out research on the use of four-word bundles in textbooks, research articles, and theses in applied linguistics, found that research-oriented bundles were the most common, followed by text-oriented and participant-oriented bundles. This difference may be related to corpus design, as their corpus consisted of complete texts, while the present corpus includes only 200 discussion sections.

In terms of text-oriented bundles, 'on the other hand' is the most frequent bundle in this category, which may indicate that writers in the present corpus frequently contrast ideas. This finding is consistent with previous studies on Turkish academic texts (Güngör & Uysal, 2020). Similarly, Öztürk and Köse (2016) found that Turkish postgraduate students used it much more frequently than native English-speaking scholars. However, this bundle does not seem to be specific to Turkish writers, as it was also the most frequent bundle in the applied linguistics corpus analyzed by Shirazizadeh and Amirfazlian (2021). As a result, these findings may indicate a general tendency of the use of the expression 'on the other hand' to contrast ideas among scholars in applied linguistics.

The use of expressions ‘the results of the’ and ‘the findings of the’ suggests that writers in the present corpus place considerable emphasis on research findings, which is expected in discussion sections. This is in line with Öztürk and Köse (2016), who reported that Turkish postgraduate students used these expressions more often than native scholars. In addition, the use of the expression ‘in line with the’, which writers used to compare their findings with previous studies, appear to be related to the Turkish expression ‘doğrultusunda’, as Öztürk and Taşçı (2023) identified this bundle as one of the expressions that Turkish postgraduate students were likely to transfer from Turkish.

Within the text-oriented category, reporting verbs such as ‘determined’, ‘found’, and ‘observed’ are typically used in the passive voice (‘it was found that’, ‘it was observed that’, and ‘it was determined that’). These passive ‘it…that’ bundles comprised about one fifth of the list, together with ‘it is seen that’ and ‘it was concluded that’. This suggests that writers tend to take an impersonal style when expressing opinions or interpreting findings, as supported by Yuvayapan & Yükselir (2020). Similarly, the frequent use of these structures can be interpreted as a ‘depersonalized mode’ in academic prose (Cortes, 2004, as cited in Güngör & Uysal, 2020, p. 9). Both Özçelik and Bal-Gezegin (2025) and Güngör and Uysal (2020) found that inferential bundles in the form of ‘it (is/was) (determined/observed/ seen/found) that’ were among the most frequent bundles in their corpora. Güngör and Uysal (2020) explain the reason for the use of these structures, noting that Turkish writers may not feel confident in expressing their authorial presence.

This preference may also be related to Turkish academic writing, as Öztürk and Taşçı (2023) found that Turkish postgraduate students may transfer such bundles from their Turkish equivalents 'görülmektedir' (it is seen that), 'gözlenmiştir' (it was observed that), and 'söylenebilir' (it can be said). However, this study cannot confirm such Turkish influence directly, since it lacks a Turkish corpus.

Research-oriented bundles were the second-most-frequent category, but they were far behind text-oriented bundles. ‘The students in the’ shows the focus of ELT research on learners, while ‘of the present study’ refers to the study itself. The latter is also found in Bal-Gezegin’s (2019) corpus of research articles written by Turkish academics.

Participant-oriented bundles were the least frequent category. Only two bundles, ‘it can be said’ and ‘the fact that the’, appeared in this category, and both of them were stance bundles. Özçelik and Bal-Gezegin (2025) also found the expression ‘(it) can be said (that)’ to be frequently used in Turkish scholars’ texts, although they classified it as an engagement

bundle. In the present study, it was considered a stance bundle because it has been observed that, it mainly softens the writer's claims rather than directly involving the reader in the discourse.

3.3. Attitude markers (RQ3)

Table 4 comprises 21 attitude markers, with a total frequency of 1,845. Of the 2,830 occurrences examined, 1,845 were identified as attitude markers through manual analysis. As explained in the Corpus and Method section, these attitude markers were grouped into four categories. The distribution of attitude markers within each category is shown in Table 5.

Table 4. The 21 most frequent attitude markers by Turkish scholars in the corpus

Rank	Attitude Marker	Raw Freq.	Per 10,000 Words
1	Should	395	16.81
2	Important	254	10.81
3	Effective	218	9.28
4	Lack	186	7.92
5	Importance	180	7.66
6	Limited	98	4.17
7	Significant	89	3.79
8	Need to	65	2.77
9	Essential	46	1.96
10	Must	43	1.83
11	Crucial	42	1.79
12	Good	41	1.75
13	Critical	38	1.62
14	Necessary	35	1.49
15	Difficult	33	1.40
16	Even	18	0.77
17	Significantly	17	0.72
18	Appropriate	14	0.60
19	Expected	13	0.55
20	Primary	10	0.43
21	Main	10	0.43
TOTAL		1,845	78.53

Table 5. Functional classification of the 21 most frequent attitude markers based on Hyland (2005) and adapted from Guziurová (2014)

Category	Lexical Item	Total Occurrences	Attitude Marker (Raw Freq.)	Per 10,000 Words
Importance	Important	254	254	10.81
	Importance	180	180	7.66
	Significant	309	89	3.79
	Essential	59	46	1.96
	Crucial	50	42	1.79
	Critical	151	38	1.62
	Significantly	79	17	0.72
	Primary	107	10	0.43

Category	Lexical Item	Total Occurrences	Attitude Marker (Raw Freq.)	Per 10,000 Words
	Main	81	10	0.43
TOTAL		1,270	686	29.20
Evaluation	Effective (+)	218	218	9.28
	Lack (−)	186	186	7.92
	Limited (−)	121	98	4.17
	Good (+)	70	41	1.75
	Difficult (−)	56	33	1.40
	Appropriate (+)	93	14	0.60
TOTAL		744	590	25.11
Obligation	Should	408	395	16.81
	Need to	97	65	2.77
	Must	54	43	1.83
	Necessary	101	35	1.49
TOTAL		660	538	22.90
Expectedness	Even	88	18	0.77
	Expected	68	13	0.55
TOTAL		156	31	1.32
GRAND TOTAL	21 items	2,830	1,845	78.53

The common use of attitude markers shows the authors' evaluative position in the text and allows them to interact with the readers. According to the findings, attitude markers are frequently used by the Turkish authors in their academic prose, which means that they do not merely report their findings but also express their opinions. These findings support the view that academic writing is an interactive process in which writers evaluate their findings (Hyland, 2005). Similarly, Soylu et al. (2023) found that Turkish authors used attitude markers significantly more frequently than native English-speaking authors in research articles on Teacher Education.

The importance category was the most frequent category. The most common markers were 'important' and 'importance'. The frequent use of words such as 'important', 'importance', and 'significant' suggests that Turkish authors tend to highlight the significance of their findings and implications. This may help them convince the reader. This finding is in line with previous studies. For example, Guziurová (2014) also found importance to be the most frequent category in both research articles and textbooks. She noted that writers used attitude markers in the final sections of research articles to show the significance and usefulness of their research. Hyland and Jiang (2018b) also found that 'important' and 'even' were the most frequently occurring attitude markers across four disciplines over 50 years.

Studies comparing Turkish and L1 English writers show both similarities and differences in the use of this category. In Soylu et al.'s (2023) study, the significance category was the most frequent one in both groups. This category corresponds to the importance category in the present study. The most common markers were 'significant', 'important', and 'critical'. Similarly, Çapar and Turan (2020) found 'important' to be the most frequent attitude marker in research articles by both Turkish and American writers. Its frequency was similar in the two groups. However, Soylu et al. (2023) found that Turkish authors used more nouns than native authors to express significance. Outside the Turkish context, 'important' and 'importance' were also the most frequent attitudinal adjective and noun in MA theses by Czech L2 students and essays by L1 English students (Jančaříková, 2023).

Duruk (2017) found attitude markers similar to those in the present study. Her study analyzed MA dissertations written by Turkish L2 writers. 'Important' and 'significant' had relatively high frequencies in both studies. However, statistical uses of 'significant' (e.g., 'significant difference') were excluded in the present study. This considerably reduced its frequency, but it still remained relatively frequent. It is not clear whether such uses were excluded in Duruk's (2017) study. Therefore, this methodological difference should be considered when comparing the two studies.

Moreover, the modal verb 'should' was the most frequently used individual attitude marker in the present study. The considerable prevalence of obligation markers, especially 'should', along with 'need to', 'must', and 'necessary', indicates that Turkish authors tend to reflect a didactic stance rather than that of a mere observer. That is, following the data analysis, they tend to state what should be done or what is necessary. Guziurová (2014) also found obligation to be the second most frequent attitude category of attitude markers in applied linguistics research articles written by native English writers. She noted that in the final sections of the articles, obligation markers were used to suggest solutions and further research. This may partly explain their high frequency in the present corpus, which consisted only of discussion sections. Although obligation modals such as 'should' and 'must' may have different functions based on the context, their occurrences were examined individually, and only those expressing the writer's attitude were classified as attitude markers. Guziurová (2014) also included obligation among attitude markers, although she noted that its status in Hyland's model is unclear. Similarly, Akbas (2012) classified the Turkish obligation suffix '-meli/-malı', together with 'gerekli' (necessary) and 'gerekir' (it is necessary), as attitude markers in master's dissertations written in Turkish.

The use of 'should' can also be discussed in Akbas (2014). In the discussion sections of MA dissertations, Turkish writers of English seem to have mainly preferred 'should' as a modal of obligation, while 'must' and 'have/has to' were used very rarely. That is, the suffix '-meli/-malı' appear to express obligation (ibid.). This may suggest a possible influence of Turkish on the use of obligation markers in English. However, Akbas (2013) found the overall frequency of these modals to be quite low, which is different from the present study. This difference may be related to corpus size, as Akbas analyzed only ten discussion sections in each language. In the present study, the frequent use of 'should' and the low frequency of 'must' may also indicate a preference for less forceful forms of obligation. Similarly, Hyland and Jiang (2018b) found that 'must' disappeared from the 20 most frequent boosters in applied linguistics by 2015.

Within the evaluation category, negative attitude markers were slightly more frequent than positive ones. The use of 'effective', 'good', and 'appropriate' shows that Turkish writers in the current study employ positive evaluations, while the presence of 'lack', 'limited', and 'difficult' indicates negative evaluations. These negative indicators were primarily used to highlight issues in educational situations (for example, 'limited time' or 'lack of materials') and deficiencies in the prior literature (for example, 'limited studies').

4. Conclusions

The findings of the study indicate that the 20 most frequently used three-word bundles in the corpus were mainly research-oriented. They referred to the research itself, its sample, and its topic. However, text-oriented bundles were the most frequent category among the 20 most frequent four-word bundles. This may suggest that writers used shorter bundles mainly to refer to their research and longer bundles mainly to organize their texts. As for attitude markers, importance was the most frequent category, and 'should' was the most frequent individual marker. The frequent use of markers such as 'important' and 'should' shows that the authors do not only present their results but also express their attitudes towards their research. The frequent use of obligation markers suggests that the authors often make recommendations based on their findings. The preference for 'should' over 'must' is also in line with Akbas (2013) and may indicate that the writers prefer less forceful forms of obligation.

The findings also show that Turkish scholars frequently use impersonal and passive structures in English academic writing. Bundles such as 'it was found that', 'it was determined that', and 'it was observed that' were among the 20 most frequent four-word bundles in the corpus. Similar to the "depersonalized mode" described by Cortes (2004, as cited in Güngör & Uysal, 2020), these structures allow writers to report their findings without referring to themselves.

Özçelik and Bal-Gezegin (2025) also found the same group of inferential bundles in abstracts written by Turkish researchers. This may suggest that the writers may not feel confident in stating their ideas directly and prefer not to emphasize their authorship.

Most importantly, future studies should investigate L1 transfer directly. To do this, the English texts of Turkish scholars can be compared with their Turkish texts and with texts written by native English-speaking scholars. Such studies should also consider the role of the English academic writing instruction that Turkish scholars have received. In addition, larger corpora including papers from different disciplines could show similarities and differences in the use of lexical bundles and attitude markers across fields. Finally, studies comparing novice and experienced writers could show how academic writing skills develop over time.

These findings have implications for academic writing instruction. In academic writing courses, students and novice scholars can be shown how lexical bundles and attitude markers help writers organize their texts and express their opinions. They can also be made aware of the possible influence of their first language on their academic writing in English.

This study has some limitations. First, the corpus consisted of 234,930 words from the discussion sections of 200 research articles published between 2018 and 2025. A larger corpus including other sections of research articles could give a broader picture of how Turkish scholars write. Second, the functional analysis only included the 20 most frequent three- and four-word bundles. Since there was no comparable corpus of texts written by native English-speaking scholars or of Turkish academic texts, the possible effect of L1 transfer could not be tested directly. Finally, the study only focused on Applied Linguistics, so the results should not be generalized to other academic fields.

REFERENCES

Akbas, E. (2012). Interactional metadiscourse in Turkish postgraduates' academic texts: A comparative study of how they introduce and conclude. i-manager's Journal on English Language Teaching, 2(3), 35–46.

Akbas, E. (2013). Are they discussing in the same way? Interactional metadiscourse in Turkish writers' texts. In A. Łyda & K. Warchał (Eds.), Occupying niches: Interculturality, cross-culturality and aculturality in academic research (pp. 119–133). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02526-1_8

Bal-Gezegin, B. (2019). Lexical bundles in published research articles: A corpus-based study. Journal of Language and Linguistic Studies, 15(2), 520–534. https://doi.org/10.17263/jlls.586188

Biber, D., & Barbieri, F. (2007). Lexical bundles in university spoken and written registers. English for Specific Purposes, 26(3), 263–286. https://doi.org/10.1016/j.esp.2006.08.003

Biber, D., Johansson, S., Leech, G., Conrad, S., & Finegan, E. (2021). Grammar of spoken and written English. John Benjamins. https://doi.org/10.1075/z.232

Çapar, M., & Turan, Ü. D. (2020). Interactional metadiscourse in research articles written by Turkish and native speakers. Anadolu Journal of Educational Sciences International, 10(1), 324–358. https://doi.org/10.18039/ajesi.682042

Duruk, E. (2017). Analysis of metadiscourse markers in academic written discourse produced by Turkish researchers. Journal of Language and Linguistic Studies, 13(1), 1–9.
Güngör, F., & Uysal, H. H. (2020). Lexical bundle use and crosslinguistic influence in academic texts. Lingua, 242, Article 102859. https://doi.org/10.1016/j.lingua.2020.102859
Guziurová, T. (2014). The expression of the writer's attitude in undergraduate textbooks and research articles. Ostrava Journal of English Philology, 6(2), 81–94.
Hyland, K. (2005). Stance and engagement: A model of interaction in academic discourse. Discourse Studies, 7(2), 173–192. https://doi.org/10.1177/1461445605050365
Hyland, K. (2008). As can be seen: Lexical bundles and disciplinary variation. English for Specific Purposes, 27(1), 4–21. https://doi.org/10.1016/j.esp.2007.06.001
Hyland, K. (2012). Bundles in academic discourse. Annual Review of Applied Linguistics, 32, 150–169. https://doi.org/10.1017/S0267190512000037
Hyland, K., & Jiang, F. (K.). (2018a). Academic lexical bundles: How are they changing? International Journal of Corpus Linguistics, 23(4), 383–407. https://doi.org/10.1075/ijcl.17080.hyl
Hyland, K., & Jiang, F. (K.). (2018b). "In this paper we suggest": Changing patterns of disciplinary metadiscourse. English for Specific Purposes, 51, 18–30. https://doi.org/10.1016/j.esp.2018.02.001
Jančaříková, R. (2023). Attitude markers in L2 learners' academic writing: A case study of master's theses by Czech students compared to L1 students' writings. Brno Studies in English, 49(1), 5–31. https://doi.org/10.5817/BSE2023-1-1
Özçelik, F. U., & Bal-Gezegin, B. (2025). It can be said (that): Lexical bundles in English extended abstracts of locally published Turkish research articles. Dilbilim Araştırmaları Dergisi, 36(1), 25–48. https://doi.org/10.18492/dad.1546802
Öztürk, Y., & Köse, G. D. (2016). Turkish and native English academic writers' use of lexical bundles. Journal of Language and Linguistic Studies, 12(1), 149–165. https://izlik.org/JA44WG35XL
Öztürk, Y., & Taşçı, S. (2023). A corpus-based analysis of lexical bundles in non-native post graduate academic writing and a potential L1 influence. rEFLections, 30(2), 488–505. https://doi.org/10.61508/refl.v30i2.267463
Shirazizadeh, M., & Amirfazlian, R. (2021). Lexical bundles in theses, articles and textbooks of applied linguistics: Investigating intradisciplinary uniformity and variation. Journal of English for Academic Purposes, 49, Article 100946. https://doi.org/10.1016/j.jeap.2020.100946
Soylu, M., Soylu, A., & Das, R. (2023). A new approach to recognizing the use of attitude markers by authors of academic journal articles. Expert Systems with Applications, 230, Article 120538. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120538
Uçar, S. (2017). A corpus-based study on the use of three-word lexical bundles in the academic writing by native English and Turkish non-native writers. English Language Teaching, 10(12), 28–36. https://doi.org/10.5539/elt.v10n12p28
Yuvayapan, F., & Yükselir, C. (2020). A systematic review of corpus-based studies on academic writing in the Turkish context. Kuramsal Eğitimbilim Dergisi, 13(4), 630–645. https://doi.org/10.30831/akukeg.658945

ACADEMIC DISCOURSE: LINGUISTIC STRUCTURES AND STRATEGIES OF SCIENTIFIC COMMUNICATION

Sarjan Sadigova
PhD in Philology
Department of English and Translation, Nakhchivan State University
Nakhchivan, Azerbaijan
sercansadiqova@ndu.edu.az

Abstract

Academic discourse depends on linguistic choices that enable researchers to represent complex knowledge precisely, organize information efficiently, and guide readers through extended arguments. This article examines major linguistic structures associated with academic communication, focusing on specialized vocabulary, lexical bundles, complex noun phrases, passive constructions, nominalization, cohesion, coherence, and information flow. It adopts a descriptive and analytical approach to explain how these resources function in academic texts and how their effectiveness depends on genre, discipline, audience, and communicative purpose. The discussion shows that linguistic complexity is not an end in itself: dense noun phrases and nominalizations can compress information, while active constructions and less abstract formulations may improve clarity. Likewise, cohesive devices help establish explicit textual links, but coherence depends on the meaningful progression of ideas rather than on the number of connectors used. The article also considers how multilingual academic exchange and digital genres affect expectations of clarity and accessibility. It argues that effective academic communication requires the purposeful coordination of linguistic precision, information management, and logical organization rather than the mechanical application of formal stylistic rules. The article contributes an integrated account of the relationship between linguistic form and communicative function in academic writing.

Keywords: academic discourse; academic language; lexical bundles; information density; cohesion and coherence; nominalization

1. Introduction

Academic discourse is more than the transmission of information. Researchers select terminology, organize propositions, connect evidence with interpretations, and make complex ideas accessible to a disciplinary audience. The linguistic form of an academic text therefore contributes directly to the way knowledge is represented and understood. Academic communication is shaped by genre conventions, disciplinary expectations, audience needs, and the purposes for which a text is produced (Swales, 1990). In this context, language functions not simply as a medium for presenting research findings but also as a resource

through which scholars construct explanations, develop arguments, and establish relationships between ideas. The choice of grammatical structures, lexical items, and cohesive devices influences how readers interpret the content and evaluate the logical progression of an academic text.

The study of linguistic structures in academic discourse is particularly relevant in international research environments, where English is frequently used by scholars with different linguistic backgrounds. Academic writers need to express concepts precisely, establish relationships among ideas, and maintain an appropriate balance between information density and readability. These demands cannot be met by formal vocabulary or grammatical accuracy alone; they also require awareness of how language organizes information and supports interpretation. For example, the use of specialized terminology can increase conceptual precision, while nominalization and complex noun phrases allow writers to condense information and express relationships between concepts efficiently. At the same time, excessive syntactic complexity or the inappropriate use of technical vocabulary may make a text difficult to follow. Effective academic communication therefore depends on the writer's ability to select linguistic resources that are appropriate to the subject matter, the intended audience, and the communicative purpose.

Another important consideration is the relationship between linguistic form and the organization of academic knowledge. Academic texts generally require more than the presentation of separate statements; they must guide readers through a sequence of ideas in which claims, evidence, explanations, and conclusions are logically connected. Cohesion contributes to this process through grammatical and lexical links between textual elements, whereas coherence concerns the meaningful relationships readers establish among those elements. Information structure also plays a significant role, as writers need to introduce familiar information, present new concepts, and signal connections between successive propositions. These features are particularly important in research articles, where readers are expected to follow complex explanations and assess the relevance of the evidence presented. Consequently, examining linguistic structures provides a basis for understanding how academic texts achieve clarity, continuity, and communicative effectiveness.

The aim of this article is to examine the principal linguistic structures of academic discourse and explain their contribution to precision, information packaging, cohesion, coherence, and effective scientific communication. Particular attention is given to specialized terminology, recurrent lexical patterns, complex noun phrases, passive constructions,

nominalization, and the linguistic devices that establish connections across a text. The discussion also considers how these structures operate within different disciplinary and communicative contexts. Although some linguistic features are widely associated with academic writing, their frequency and function may vary according to discipline, genre, section of an article, and the type of knowledge being communicated. Recognizing this variation is essential for avoiding the assumption that all academic texts follow a single, uniform linguistic model.

The article uses a descriptive and analytical approach, drawing on established work in text linguistics, corpus-informed descriptions of academic language, and research on digital and multilingual academic communication. It considers how selected linguistic features contribute to the construction and interpretation of academic texts, while relating these features to broader principles of textual organization and communicative purpose. The article is a conceptual analysis rather than an empirical corpus study; accordingly, the examples are illustrative and are not presented as findings from a newly collected dataset. The discussion aims to provide a coherent theoretical foundation for understanding the linguistic organization of academic discourse and to demonstrate the relevance of linguistic awareness for researchers, university students, and English for Academic Purposes (EAP) practitioners. It also identifies areas in which future corpus-based research could investigate the distribution and communicative functions of these structures across disciplines and academic genres.

2. Lexical Precision and Recurring Language Patterns

Lexical precision is a central feature of academic writing because it enables researchers to communicate complex ideas with clarity, consistency, and conceptual accuracy. Unlike everyday communication, academic discourse often requires writers to distinguish between closely related concepts, define key terms, and explain phenomena in a systematic manner. Specialized terminology allows researchers to refer to concepts, processes, and theoretical constructs with a degree of specificity that general vocabulary may not provide. For example, terms such as validity, reliability, implementation, evaluation, and interpretation may carry specific meanings within particular research contexts. Their appropriate use helps establish conceptual boundaries and reduces ambiguity. However, terminology must be selected in accordance with disciplinary conventions and the knowledge of the intended audience, since the meaning and use of academic language are influenced by the communicative purposes and expectations of particular academic communities (Swales, 1990).

Abstract nouns are particularly important in academic discourse because they enable writers to represent actions, processes, qualities, and relationships as concepts that can be examined and discussed. Words such as implementation, evaluation, interpretation, and development allow processes to become the focus of subsequent statements. For example, the sentence The researchers evaluated the programme can be reformulated as The evaluation of the programme revealed several limitations. In the second sentence, the action is presented as a concept that can be developed into a more complex argument. This type of linguistic structure contributes to the compressed style frequently found in academic prose, where information can be organized within noun phrases rather than expressed through a sequence of independent clauses. Biber and Gray (2016) discuss the role of phrasal structures and grammatical complexity in academic English, highlighting the importance of examining how grammatical choices contribute to information packaging. Nevertheless, the extensive use of abstract nouns may reduce readability when the relationships between concepts are not sufficiently clear. Writers therefore need to balance the advantages of information compression with the need for direct and accessible expression.

Lexical precision also involves selecting words that accurately represent the strength, scope, and nature of a claim. Academic writers must distinguish between expressions that indicate possibility, probability, association, and causation. For example, suggests, indicates, demonstrates, and confirms communicate different degrees or types of evidential commitment. Similarly, the expressions is associated with and causes describe different relationships and should not be used interchangeably. An inappropriate lexical choice may affect not only the stylistic quality of a text but also the interpretation of its findings. This distinction is especially important when researchers describe statistical relationships, interpret qualitative evidence, or discuss the implications of their results. Careful lexical selection helps ensure that claims remain proportionate to the available evidence and that conclusions do not extend beyond what the research can reasonably support. In this respect, lexical choices should be considered part of the broader process through which academic writers construct and communicate disciplinary knowledge (Swales, 1990).

Another characteristic of academic language is the presence of recurring word sequences, commonly described as lexical bundles. These are frequently occurring sequences of words that serve recognizable functions in particular discourse contexts. Expressions such as “on the other hand,” “as a result of,” “in the present study,” and “the extent to which” illustrate how recurring sequences can help writers organize information, establish relationships

between propositions, and guide readers through an argument. Biber et al. (2004) examine lexical bundles in university teaching and textbook discourse, demonstrating the importance of recurrent multiword sequences in academic communication. Their study provides a basis for examining academic language not only through individual words and grammatical structures but also through combinations of words that regularly occur together.

Lexical bundles perform several functions in academic texts. Some expressions organize discourse by introducing a contrast, indicating a consequence, or connecting a current point to an earlier discussion. For instance, on the other hand signals a contrast, whereas as a result of can introduce a relationship of consequence. Other expressions refer to the research process or identify the focus of an investigation, as in in the present study. The phrase the extent to which, meanwhile, allows writers to examine the degree or scope of a relationship rather than simply asserting that a relationship exists. Such recurring sequences can help writers structure information and make connections between ideas more recognizable to readers. Biber et al. (2004) demonstrate the relevance of these multiword patterns to academic and educational discourse, supporting the view that recurring expressions are functional resources rather than merely decorative features of formal writing.

The distribution and function of lexical bundles may also vary according to academic genre and disciplinary convention. Research articles, textbooks, literature reviews, and methodological sections serve different communicative purposes and may consequently employ different recurring expressions. A methodology section, for example, may contain language used to describe procedures, research instruments, and analytical decisions. A discussion section may instead include expressions that compare findings with previous studies, interpret results, or acknowledge limitations. Research on lexical bundles in academic settings illustrates the importance of examining these expressions in relation to the discourse context in which they occur (Biber et al., 2004). Disciplinary differences are also relevant because researchers in different fields may organize evidence and explain relationships between concepts in distinct ways. Lexical bundles should therefore be understood in relation to their communicative context rather than treated as fixed expressions that are equally appropriate in every academic text.

Despite their usefulness, lexical bundles should not be inserted into academic writing merely to create a formal or scholarly tone. Their appropriateness depends on the meaning of the sentence, the relationship between ideas, and the purpose of the paragraph. Repeated use of expressions such as it is important to note that, in terms of, or the results of the study may make

a text unnecessarily repetitive if these phrases do not contribute meaningful information. Formulaic language can also produce mechanical prose when writers rely on familiar expressions without considering their precise communicative function. Academic fluency consequently involves more than memorizing conventional word sequences; it requires an understanding of when an expression is appropriate, what relationship it communicates, and whether a more direct formulation would convey the intended meaning more effectively. This emphasis on communicative purpose is consistent with the broader understanding of academic genres as forms of communication shaped by disciplinary expectations and reader needs (Swales, 1990).

From a practical perspective, lexical precision and awareness of recurring language patterns can be developed through systematic reading, corpus consultation, and careful revision. Researchers can examine how key terms are defined and used in relevant studies, observe which expressions regularly occur in different sections of research articles, and compare the functions of similar lexical choices. Corpus-based resources can help identify recurring patterns and provide examples of their use in authentic academic contexts. However, frequency alone does not establish whether an expression is appropriate in a particular sentence. Writers must also consider the surrounding context, the intended meaning, and the conventions of their discipline. During revision, they can check whether key terms are used consistently, whether lexical choices accurately represent the evidence, and whether recurring expressions strengthen the logical connection between sentences. Such practices help writers make informed decisions about both lexical selection and grammatical structure, two aspects that are central to the effective organization of academic prose (Biber & Gray, 2016; Biber et al., 2004).

3. Grammatical Complexity and Information Packaging

Grammatical complexity is an important feature of academic discourse because it enables writers to organize complex ideas, establish relationships between concepts, and communicate specialized information efficiently. However, academic complexity should not be understood simply in terms of long sentences or frequent subordinate clauses. Research on academic writing has shown that information is often condensed into complex noun phrases and phrasal modifiers rather than expressed through extended clauses (Biber & Gray, 2010).

One prominent feature of this process is noun phrase complexity. Academic writers frequently place several pieces of information within a single noun phrase by using premodifiers, prepositional phrases, and other modifying structures. For example, the phrase the long-term effects of technology-mediated collaborative learning on student engagement

combines several related concepts within one grammatical unit. Such structures allow writers to establish conceptual relationships without repeatedly introducing separate sentences. Lan et al. (2022) found that noun phrase complexity differs between L1 and L2 English writing, highlighting the importance of examining phrasal structures when evaluating academic writing development.

Another important mechanism of information packaging is nominalization, the process through which actions, processes, or qualities are expressed as nouns. Compare the following sentences:

The researchers analyzed the responses.

The analysis of the responses revealed several patterns.

In the second sentence, the action analyzed becomes the noun analysis. This transformation enables the writer to present an activity as an identifiable concept that can subsequently be described, evaluated, or connected to another argument. Examining a large corpus of research writing across four disciplines, Hyland and Jiang (2021) identified an increase in nominalizations and acronyms over a fifty-year period. They associate these naming practices with the demand for conciseness in contemporary research writing, while also raising questions about their suitability in some disciplinary contexts.

Nevertheless, grammatical compression does not always improve clarity. Dense noun phrases may make relationships between ideas less explicit, particularly for readers who are unfamiliar with the terminology or the subject area. A sentence containing several nominalizations may also conceal who performs an action or how one process relates to another. Consequently, writers need to consider not only how much information a sentence conveys but also how easily readers can interpret the relationships within it. Biber and Gray (2010) emphasize the importance of distinguishing structural complexity from elaboration and explicitness; these characteristics should not automatically be treated as equivalent.

The effective use of grammatical complexity therefore requires a balance between information density and readability. Complex noun phrases and nominalizations can support precision, conciseness, and the development of abstract arguments, but their excessive use may make a text unnecessarily difficult to follow. Academic writers should select grammatical structures according to their communicative purpose, the expectations of their discipline, and the knowledge of their intended audience. In this sense, grammatical complexity is not merely a formal characteristic of academic language; it is a resource for organizing knowledge and guiding readers through complex arguments.

4. Cohesion, Coherence, and Logical Organization

Cohesion and coherence are essential features of academic discourse because they contribute to the clarity, continuity, and logical development of ideas. Academic texts require more than grammatically correct sentences; they need meaningful connections that help readers understand how individual statements contribute to a broader argument. While cohesion concerns the linguistic devices that connect parts of a text, coherence refers to the meaningful relationships between ideas and the overall unity of the discussion.

Halliday and Hasan (1976) identify five major types of cohesive resources: reference, substitution, ellipsis, conjunction, and lexical cohesion. Reference involves expressions that point to information introduced elsewhere in a text, while substitution and ellipsis help avoid unnecessary repetition. Conjunctions establish relationships such as addition, contrast, cause, and consequence. Lexical cohesion is achieved through repetition, synonyms, and semantically related words that maintain the text's central topic. For example, “The experimental group participated in collaborative activities. This group demonstrated higher engagement” uses the demonstrative expression this group to connect the second sentence to the first.

Discourse markers such as however, therefore, consequently, moreover, in contrast, and for example also help readers recognize relationships between propositions. They can signal contrast, consequence, addition, or illustration. However, the presence of connectors does not automatically guarantee logical organization. A text may contain numerous linking expressions while remaining incoherent if its claims are unrelated or its conclusions are not supported by evidence. Therefore, discourse markers should reflect genuine relationships between ideas rather than be inserted mechanically.

Cohesion and coherence are related but distinct. Cohesion concerns identifiable linguistic links, whereas coherence depends on how readers interpret the relationships between ideas. Consider the sequence: “Academic writing requires precise terminology. Many researchers work internationally. Digital platforms are increasingly important.” Although each sentence is grammatically correct, their relationship remains unclear. Explaining that international collaboration and digital communication increase the need for precise terminology would create a more coherent argument by making the connection between the statements explicit. Taboada (2019) discusses coherence relations and the linguistic resources used to signal relationships between discourse segments.

Another important factor is information flow, particularly the relationship between given and new information. Writers often begin a sentence with an established concept before

introducing additional information. For example, “Student engagement increased during the intervention. This increase was particularly noticeable in the experimental group.” The second sentence develops the previously introduced idea and provides further detail. Such progression helps readers integrate new information into their understanding of the text. Kuo (1995) similarly examines cohesion and coherence at lexical, sentence, and organizational levels.

Logical organization is equally important in academic argumentation. A well-developed paragraph generally introduces a central point, supports it with explanation or evidence, and clarifies its significance. In research articles, findings should be connected to research questions and interpreted in relation to relevant evidence. Basturkmen and von Randow (2014) highlight the importance of guiding readers through argumentative academic texts so that relationships between ideas can be reconstructed. Clear transitions and purposeful paragraph development are therefore essential when writers compare explanations, qualify claims, or move from evidence to interpretation.

In conclusion, effective academic writing requires a balance between cohesive devices and meaningful conceptual development. Excessive use of connectors can make a text repetitive, while insufficient explanation may leave important relationships implicit. Academic writers should focus on clear information flow, logical progression, and the relationship between evidence and claims. Cohesion provides linguistic connections, coherence establishes meaningful relationships between ideas, and logical organization ensures that these ideas contribute to a unified academic argument.

5. Linguistic Choices and Effective Scientific Communication

Effective scientific communication depends on the interaction of linguistic form and communicative purpose. A sentence may be grammatically correct yet remain unclear if its relationship to the surrounding argument is not explicit. Likewise, evidence may fail to convince readers if it is poorly organized or if the writer does not explain what it supports. Lexical choices, grammatical structures, cohesion, and information flow provide resources for making scientific claims precise and interpretable. Gernsbacher (2018) emphasizes that effective empirical writing should communicate research clearly and transparently, enabling readers to understand both the research process and its findings.

Compare the broad statement “The intervention improved students' speaking ability” with the more specific formulation “Students in the experimental group demonstrated higher post-intervention speaking scores than students in the control group.” The latter identifies the participants, the measured outcome, and the comparison being reported. It limits ambiguity and

distinguishes an observed difference from a broader claim about ability. Precision is particularly important when the available evidence supports a restricted conclusion rather than a general causal statement. DeJesus et al. (2019), in their analysis of scientific communication, demonstrate how generic statements can imply broad conclusions that go beyond the evidence or overlook differences within the population being studied.

Clarity also involves selecting vocabulary and sentence structures that communicate the intended meaning without unnecessary complexity. This does not mean eliminating specialized terminology or sophisticated ideas. Rather, writers should use technical terms when they are necessary, explain unfamiliar concepts when appropriate, and avoid unnecessarily long expressions that obscure the central message. Hotaling (2020) argues that concise scientific writing requires careful revision: removing redundancy can improve clarity, but excessive shortening may eliminate information needed to understand the findings. Effective communication therefore depends on balancing brevity with completeness.

Another important consideration is the relationship between the strength of a claim and the evidence supporting it. Scientific writers should distinguish observed results from interpretations and avoid generalizing beyond the limits of their data. Expressions such as may indicate, suggests that, or within the present sample can help communicate appropriate qualifications when the evidence does not justify certainty. The purpose is not to weaken scientific arguments unnecessarily, but to represent the findings accurately and acknowledge their scope.

Ultimately, effective scientific communication requires writers to choose linguistic forms according to their research objectives, evidence, and intended readership. Precise terminology, transparent claims, clear sentence structures, and careful revision help readers understand both what the research demonstrates and what remains uncertain. The most effective formulation is not necessarily the shortest or most sophisticated one, but the one that conveys the intended meaning accurately, efficiently, and responsibly.

6. Multilingualism and Digital Academic Communication

Contemporary academic communication takes place across national, linguistic, and digital boundaries. English has a prominent role in the international circulation of research, enabling scholars from different countries to exchange findings and participate in disciplinary discussions. However, the dominance of English can also create barriers for researchers who publish in other languages or use English as an additional language. Navarro et al. (2022) argue for reconsidering English as an unquestioned lingua franca in scientific-academic contexts and

emphasize the relevance of multilingual practices to more inclusive scholarly communication. From this perspective, academic communication should be evaluated according to intelligibility, precision, logical organization, and disciplinary meaning, while recognizing that scholars may draw on different linguistic resources.

Multilingualism is important not only because researchers use different languages but also because knowledge is produced and interpreted within particular linguistic and cultural contexts. Certain concepts may have established terminology in one language but lack a direct equivalent in another. Translating such concepts requires more than replacing individual words; it may involve explaining their disciplinary significance and adapting them to the expectations of a particular academic audience. Consequently, multilingual academic communication requires sensitivity to terminology, context, and meaning. The objective should be to preserve the substance of research while making it accessible to readers working in different linguistic environments.

Digital environments have further transformed how researchers produce, share, and discuss academic knowledge. Alongside journal articles and books, scholars use research blogs, online repositories, institutional websites, social media, and digital conference platforms. Kuteeva and Mauranen (2018) describe how digital media influence academic writing practices and researchers' interactions with different audiences. These formats may require shorter explanations, accessible language, and a clear presentation of the main finding, particularly when the intended readers are not specialists.

The growth of digital communication also makes multilingual access increasingly important. Steigerwald et al. (2022) discuss how translation, including machine translation, can help make scientific knowledge available to wider linguistic communities. However, automated translation may struggle with specialized terminology, context-dependent meanings, and complex disciplinary concepts. Researchers should therefore review translated texts carefully to ensure that technical terms, methodological qualifications, and interpretations remain accurate.

Adapting research for a digital audience does not mean changing the evidence. A specialist article may include detailed methodological explanations and technical terminology, whereas a public-facing summary may present the principal finding in more accessible language. In both cases, writers must preserve the scope and certainty of the original claim. Multilingual and digital communication should therefore complement traditional academic

publishing by making research more accessible without sacrificing accuracy, transparency, or scholarly integrity.

A further consideration is the role of digital academic communication in shaping scholarly identity and professional visibility. Researchers increasingly use online academic profiles, open-access repositories, and collaborative platforms to share publications, establish professional connections, and make their work discoverable beyond their immediate institutions. These practices create opportunities for interdisciplinary exchange but also require careful attention to authorship, attribution, and the reliability of online information. For example, a researcher presenting a study on an institutional website should provide a clear summary of the findings, identify the original publication, and include an accessible link to the full text where possible. Thus, digital academic communication involves not only adapting language to different audiences but also presenting research transparently and maintaining the credibility of scholarly work across online environments.

7. Conclusion

The analysis shows that lexical precision and recurring lexical bundles contribute to clarity, consistency, and the effective communication of specialized knowledge in academic discourse.

Grammatical structures, including complex noun phrases and nominalization, enable information to be packaged efficiently, although excessive complexity may reduce readability.

Cohesion and coherence contribute to textual unity in different ways: cohesive devices connect linguistic elements, while coherence ensures the logical progression and meaningful organization of ideas.

Effective scientific communication requires precise terminology, clear formulations, and claims that remain proportionate to the available evidence.

Multilingual academic communication highlights the importance of linguistic diversity and inclusive knowledge exchange, while preserving conceptual accuracy across languages.

Digital academic communication expands the ways research reaches different audiences. Adapting research to different formats should improve accessibility without changing the meaning or reliability of scientific findings.

References

1. Basturkmen, H., & von Randow, J. (2014). Guiding the reader (or not) to re-create coherence: Observations on postgraduate student writing in an academic argumentative writing task. Journal of English for Academic Purposes, 16, 14–22. https://doi.org/10.1016/j.jeap.2014.07.005

2. Biber, D., & Gray, B. (2010). Challenging stereotypes about academic writing: Complexity, elaboration, explicitness. Journal of English for Academic Purposes, 9(1), 2–20. https://doi.org/10.1016/j.jeap.2010.01.001

3. Biber, D., & Gray, B. (2016). Grammatical complexity in academic English: Linguistic change in writing. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511920776

4. Biber, D., Conrad, S., & Cortes, V. (2004). If you look at . . .: Lexical bundles in university teaching and textbooks. Applied Linguistics, 25(3), 371–405. https://doi.org/10.1093/applin/25.3.371

5. DeJesus, J. M., Callanan, M. A., Solis, G., & Gelman, S. A. (2019). Generic language in scientific communication. Proceedings of the National Academy of Sciences, 116(37), 18370–18377. https://doi.org/10.1073/pnas.1817706116

6. Gernsbacher, M. A. (2018). Writing empirical articles: Transparency, reproducibility, clarity, and memorability. Advances in Methods and Practices in Psychological Science, 1(3), 403–414. https://doi.org/10.1177/2515245918754485

7. Halliday, M. A. K., & Hasan, R. (1976). Cohesion in English. Longman. https://doi.org/10.4324/9781315836010

8. Hotaling, S. (2020). Simple rules for concise scientific writing. Limnology and Oceanography Letters, 5(6), 379–383. https://doi.org/10.1002/lol2.10165

9. Hyland, K., & Jiang, F. (2021). Academic naming: Changing patterns of noun use in research writing. Journal of English Linguistics, 49(3), 255–282. https://doi.org/10.1177/00754242211019080

10. Kuo, C.-H. (1995). Cohesion and coherence in academic writing: From lexical choice to organization. RELC Journal, 26(1), 47–62. https://doi.org/10.1177/003368829502600103

11. Kuteeva, M., & Mauranen, A. (2018). Digital academic discourse: Texts and contexts: Introduction. Discourse, Context & Media, 24, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.dcm.2018.06.001

12. Lan, G., Zhang, Q., Lucas, K., Sun, Y., & Gao, J. (2022). A corpus-based investigation on noun phrase complexity in L1 and L2 English writing. English for Specific Purposes, 67, 4–17. https://doi.org/10.1016/j.esp.2022.02.002

13. Navarro, F., Lillis, T., Donahue, T., Curry, M. J., Ávila Reyes, N., Gustafsson, M., Zavala, V., Lauría, D., Lukin, A., McKinney, C., Feng, H., & Motta-Roth, D. (2022). Rethinking English as a lingua franca in scientific-academic contexts: A position statement. Journal of English for Research Publication Purposes, 3(1), 143–153. https://doi.org/10.1075/jerpp.21012.nav

14. Steigerwald, E., Ramírez-Castañeda, V., Brandt, D. Y. C., Báldi, A., Shapiro, J. T., Bowker, L., & Tarvin, R. D. (2022). Overcoming language barriers in academia: Machine translation tools and a vision for a multilingual future. BioScience, 72(10), 988–998. https://doi.org/10.1093/biosci/biac062

15. Swales, J. M. (1990). Genre analysis: English in academic and research settings. Cambridge University Press.

16. Taboada, M. (2019). The space of coherence relations and their signalling in discourse. Language, Context and Text, 1(2), 205–233. https://doi.org/10.1075/langct.00009.tab

OPTIMIZATION OF *IN VITRO* MICROPROPAGATION AND RHIZOGENESIS OF *PHILADELPHUS* L. SPECIES

Khazratov A.T., Juraeva H.K., Ummatova Yu.I., Mustafina F.U., Abdinazarov S.Kh.
Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
Email-xazratovabbos65@gmail.com

ABSTRACT

The development of efficient *in vitro* propagation systems is important for the conservation, enrichment and rapid multiplication of valuable ornamental plant collections. This study aimed to optimize micropropagation and rhizogenesis conditions for six *Philadelphus* L. species introduced in the Tashkent Botanical Garden: *P. laxus, P. lavallei, P. lemoinei, P. lewisii, P. nivalis* and *P. pubescens*. Lateral and apical buds and leaf explants were evaluated, and microcuttings prepared from annual shoots bearing lateral buds were selected as the most suitable initial material. Thirty sterilization protocols were tested to establish aseptic cultures. MS, N6, B5 and Woody Plant Medium (WPM) were compared as basal media, while different concentrations and more than 20 combinations of 2,4-D, NAA, IAA, BAP, kinetin and TDZ were evaluated for their effects on morphogenesis and multiplication. WPM proved to be the most effective basal medium. Regeneration reached 72 ± 3% on hormone-free WPM and 71.6 ± 3% on WPM supplemented with 0.5 mg/L BAP and 0.02 mg/L IBA. Zeatin at 0.1–0.2 mg/L resulted in 65 ± 6% regeneration, whereas 0.2 mg/L zeatin combined with 0.05 mg/L NAA produced 65.4 ± 4%. For rhizogenesis, 0.5 mg/L IBA was effective, providing 65 ± 2% rooting. Species-specific differences in regeneration and root development were observed; notably, well-developed *P. laxus* regenerants could be transferred to ex vitro conditions in the third month after culture initiation. The results provide a practical basis for species-specific micropropagation, rooting and acclimatization protocols and demonstrate the potential of *in vitro* biotechnology for rapid production and conservation of valuable *Philadelphus germplasm*.

Keywords: *Philadelphus, in vitro, micropropagation, WPM, BAP, IBA, rhizogenesis, ex vitro adaptation, plant biotechnology.*

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was carried out within the framework of the 2025–2029 budget research program “Creation and Digital Documentation of the *In Vitro* Collection of the Tashkent Botanical Garden Using Innovative Biotechnological Methods” implemented at the Biotechnology Laboratory of the Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov.

REFERENCES

1. Chu C.C., Wang C.C., Sun C.C., Hsu C., Yin K.C., Chu C.Y., Bi F.Yu. Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiments on the nitrogen sources // Scientia Sinica. 1975. 18(5):659–668. DOI: 10.1360/ya1975-18-5-659.
2. Gamborg O.L., Eveleigh D.E. Culture methods and detection of glucanases in cultures of wheat and barley // Canadian Journal of Biochemistry. 1968. 46:417–421. DOI: 10.1139/o68-063.
3. Lloyd G., McCown B.H. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, Kalmia latifolia, by use of shoot-tip culture // Combined Proceedings, International Plant Propagators' Society. 1980. 30:421–427.
4. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum. 1962. 15(3):473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.

QUERCETIN ACCUMULATION IN CALLUS CULTURES OF INTRODUCED CONIFER SPECIES AND PROSPECTS FOR ITS BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTION

Khazratov A.T., Mustafina F.U., Juraeva H.K., Ummatova Yu.I., Abdinazarov S.Kh.
Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT

Plant tissue culture provides a controlled platform for studying and potentially producing valuable secondary metabolites independently of seasonal and geographical constraints. This study evaluated free quercetin accumulation in natural needles and callus cultures of six introduced conifer species maintained in the Tashkent Botanical Garden*: Cryptomeria japonica, Abies nordmanniana, Picea orientalis, Sequoia sempervirens, Pseudotsuga macrocarpa* and *Abies numidica*. Callus cultures were induced on Murashige and Skoog (MS) medium supplemented, depending on the species, with 0.5 mg/L 2,4-D alone or 0.5 mg/L 2,4-D combined with 0.5 mg/L kinetin. More than ten independent callus cultures were analyzed for each species. Free quercetin was quantified by HPLC-PDA using a Waters Alliance e2695 system with a 2998 PDA detector and a C18 column at 360 nm. Quercetin was detected in both natural needles and callus cultures of all six species. In natural needles, its content ranged from 0.10 to 0.22 mg/g dry weight, with the highest values in *A. nordmanniana* (0.22 ± 0.03 mg/g) and *A. numidica* (0.20 ± 0.04 mg/g). In callus cultures, quercetin ranged from 0.04 to 0.09 mg/g, with the highest level recorded in S. sempervirens (0.09 ± 0.001 mg/g), followed by A. nordmanniana (0.08 ± 0.001 mg/g) and P. orientalis (0.07 ± 0.001 mg/g). The retention of quercetin biosynthesis after tissue dedifferentiation confirms the value of conifer callus cultures as experimental systems for targeted regulation of flavonoid metabolism. Sequoia sempervirens and P. orientalis appear particularly promising for further optimization of culture conditions, elicitation and controlled biotechnological production of quercetin-containing biomass.

Keywords: *quercetin, callus culture, conifers, HPLC-PDA, secondary metabolites, plant biotechnology, Sequoia sempervirens.*

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was carried out within the framework of the 2025–2029 budget research program “Creation and Digital Documentation of the In Vitro Collection of the Tashkent Botanical Garden Using Innovative Biotechnological Methods” implemented at the Biotechnology Laboratory of the Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov. Laboratory equipment purchased within the framework of Resolution No. PP-3365

of the President of the Republic of Uzbekistan dated November 1, 2017, was used in the research.

REFERENCES

1. Bhardwaj K., Sanches Silva A., Atanassova M. et al. Conifers phytochemicals: A valuable forest with therapeutic potential // Molecules. 2021. 26(10):3005. DOI: 10.3390/molecules26103005.
2. El-Hawary S.S., Abd El-Kader E.M., Rabeh M.A. et al. Eliciting callus culture for production of hepatoprotective flavonoids and phenolics from Sequoia sempervirens (D. Don Endl) // Natural Product Research. 2020. 34(21):3125–3129. DOI: 10.1080/14786419.2019.1607334.
3. Espinosa-Leal C.A., Puente-Garza C.A., García-Lara S. In vitro plant tissue culture: Means for production of biological active compounds // Planta. 2018. 248(1):1–18. DOI: 10.1007/s00425-018-2910-1.
4. Frenț O.-D., Stefan L., Morgovan C.M. et al. A systematic review: Quercetin—Secondary metabolite of the flavonol class, with multiple health benefits and low bioavailability // International Journal of Molecular Sciences. 2024. 25(22):12091. DOI: 10.3390/ijms252212091.
5. Khazratov A.T., Akhmedova V.U., Juraeva H.K. et al. Design and optimization of in vitro propagation systems for coniferous species: A biotechnological approach to mass clonal multiplication // International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering. 2025. 17(3):350–362.
6. Shen N., Wang T., Gan Q., Liu S., Wang L., Jin B. Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity // Food Chemistry. 2022. 383:132531. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132531.

BREAKTHROUGH BIOTECHNOLOGICAL PLATFORM FOR CONTROLLED IN VITRO PROPAGATION AND MASS CLONAL MULTIPLICATION OF CONIFEROUS SPECIES

Mustafina F.U., Khazratov A.T., Akhmedova V.U., Juraeva H.K., Hamraeva D.A.
Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov, Institute of Botany, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT

The development of scalable and reproducible *in vitro* systems is essential for the rapid propagation and conservation of coniferous genetic resources that are difficult to reproduce by conventional methods. This study presents a controlled biotechnological platform integrating microcutting, callus induction, indirect somatic embryogenesis, plantlet regeneration and rooting for six coniferous species introduced in the Tashkent Botanical Garden: *Cryptomeria japonica, Abies nordmanniana, Picea orientalis, Sequoia sempervirens, Pseudotsuga macrocarpa* and *Abies numidica*. Five basal nutrient media (DKW, MS, WPM, N6 and B5) and 183 phytohormonal combinations were evaluated. A multistep sterilization protocol provided up to 95% sterility in *A. numidica* and 90% in *C. japonica*. Hormone-free DKW and MS media supported explant viability of up to 90 ± 2%, while BAP at 0.5-1.0 mg/L was the most reliable cytokinin for shoot elongation. Callusogenesis was induced most effectively on MS medium with 0.5 mg/L 2,4-D; its combination with kinetin at 0.5 mg/L increased callus induction to 90% in P. orientalis and 92% in *A. numidica*. Kinetin was also essential for maintaining embryogenic potential. Transfer of somatic embryos to hormone-free MS promoted plantlet development, and subsequent supplementation with 0.5 mg/L BAP and 0.05 mg/L IBA produced up to 85% regenerated plants. The developed modular platform demonstrates breakthrough potential as a controllable and scalable system for mass clonal multiplication of valuable conifers, with applications in ex situ conservation, ecological restoration and production of high-value plant material.

Keywords: coniferous species, in vitro propagation, microcutting, somatic embryogenesis, callus culture, clonal multiplication, plant biotechnology.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was conducted within the framework of the 2025-2029 state-funded research program of the Biotechnology Laboratory of the Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov, focused on establishing an in vitro collection using innovative biotechnological methods and its digital documentation.

REFERENCES

1. Bhardwaj K., Sanches Silva A., Atanassova M. et al. Conifers phytochemicals: A valuable forest with therapeutic potential // Molecules. 2021. 26(10):3005. DOI: 10.3390/molecules26103005.
2. El-Hawary S.S., Abd El-Kader E.M., Rabeh M.A. et al. Eliciting callus culture for production of hepatoprotective flavonoids and phenolics from Sequoia sempervirens (D. Don Endl) // Natural Product Research. 2020. 34(21):3125–3129. DOI: 10.1080/14786419.2019.1607334.
3. Espinosa-Leal C.A., Puente-Garza C.A., García-Lara S. In vitro plant tissue culture: Means for production of biological active compounds // Planta. 2018. 248(1):1–18. DOI: 10.1007/s00425-018-2910-1.
4. Frenț O.-D., Stefan L., Morgovan C.M. et al. A systematic review: Quercetin—Secondary metabolite of the flavonol class, with multiple health benefits and low bioavailability // International Journal of Molecular Sciences. 2024. 25(22):12091. DOI: 10.3390/ijms252212091.
5. Khazratov A.T., Akhmedova V.U., Juraeva H.K. et al. Design and optimization of in vitro propagation systems for coniferous species: A biotechnological approach to mass clonal multiplication // International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering. 2025. 17(3):350–362.
6. Shen N., Wang T., Gan Q., Liu S., Wang L., Jin B. Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity // Food Chemistry. 2022. 383:132531. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132531.

BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF PTELEA TRIFOLIATA L. IN VITRO CULTURES FOR KOKUSAGININE PRODUCTION AND EX SITU CONSERVATION

Mustafina F.U., Juraeva H.K., Khazratov A.T., Inoyatova M.H., Abdinazarov S.Kh.
Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov, Institute of Botany, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

ABSTRACT

Ptelea trifoliata L. (Rutaceae) is a promising source of the quinoline alkaloid kokusaginine, and *in vitro* culture may provide a controlled system for both plant conservation and production of pharmacologically valuable secondary metabolites. The aim of this study was to develop an efficient micropropagation approach and evaluate kokusaginine accumulation in callus cultures, *in vitro*-regenerated plants and specimens maintained in the Tashkent Botanical Garden collection. One-year-old shoots and leaves were used as explants. Cultivation was performed on Murashige and Skoog (MS) and Woody Plant Medium (WPM). Callus induction was achieved using 0.5 mg/L 2,4-D combined with BAP or kinetin at 0.5 mg/L, while organogenesis was induced with BAP at 0.1–0.2 mg/L and NAA at 0.05 mg/L; rooting was stimulated with 0.5 mg/L IBA. Phytochemical analysis demonstrated substantial differences in kokusaginine accumulation among the studied materials. Botanical Garden specimens contained 0.54–0.78% kokusaginine on a dry-weight basis, whereas callus cultures accumulated 0.11–1.12%. The highest value, 1.12%, was obtained in callus cultured under the 2,4-D + kinetin treatment. Kokusaginine was not detected in *in vitro*-regenerated plants, indicating that differentiated regenerants were less effective producers under the tested conditions. These findings identify callus culture as the most promising in vitro system for targeted kokusaginine accumulation. Further optimization of hormonal composition and culture conditions may provide a basis for sustainable biotechnological production of kokusaginine-containing biomass while supporting ex situ conservation and reducing dependence on plant material from conventional sources.

Keywords: *Ptelea trifoliata, kokusaginine, callus culture, micropropagation, in vitro culture, secondary metabolites, plant biotechnology, ex situ conservation.*

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was carried out within the framework of the 2025–2029 State Budget Program of the Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.

REFERENCES

1. Chu C.C., Wang C.C., Sun C.C., Hsu C., Yin K.C., Chu C.Y., Bi F.Yu. Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiments on the nitrogen sources // Scientia Sinica. 1975. 18(5):659–668. DOI: 10.1360/ya1975-18-5-659.
2. Gamborg O.L., Eveleigh D.E. Culture methods and detection of glucanases in cultures of wheat and barley // Canadian Journal of Biochemistry. 1968. 46:417–421. DOI: 10.1139/o68-063.
3. Lloyd G., McCown B.H. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, Kalmia latifolia, by use of shoot-tip culture // Combined Proceedings, International Plant Propagators' Society. 1980. 30:421–427.
4. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum. 1962. 15(3):473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.

MINERAL NUTRITION AS A KEY BIOTECHNOLOGICAL FACTOR IN PLANT *IN VITRO* CULTURE: COMPARATIVE ANALYSIS OF MS, WPM AND DKW MEDIA

Yulduz Ikromjon qizi Ummatova, Hanifabonu Kobul kizi Juraeva,Abbos Tulkin ugli Khazratov,Feruza Usmanovna Mustafina
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov, Biotechnology Laboratory.

Abstract.

Mineral nutrition is one of the key determinants of plant growth, morphogenesis and regeneration under *in vitro* conditions. This study analyzes the physiological significance of macro- and micronutrients and compares the mineral composition of Murashige and Skoog (MS), Woody Plant Medium (WPM) and Driver and Kuniyuki Walnut (DKW) basal media. Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur support cell division, energy metabolism, osmotic regulation and structural development, whereas iron, manganese, zinc, boron, copper, molybdenum and nickel participate in enzymatic, redox and signaling processes. Particular attention is given to the ammonium/nitrate balance, mineral-associated physiological disorders and differences among basal media. MS is characterized by a high total salt concentration and contains 1650 mg/L NH4NO3, whereas WPM contains only 400 mg/L NH4NO3 and uses K2SO4 as an important potassium source, which is particularly relevant for woody species. DKW contains 1416 mg/L NH4NO3, 1367 mg/L Ca(NO3)2·2H2O and 1559 mg/L K2SO4 and provides comparatively high levels of several mineral components. Substantial differences are also observed in calcium, magnesium, boron, copper, manganese and zinc supply. These variations may influence hyperhydricity, shoot-tip necrosis, chlorosis, growth and regeneration efficiency. The comparative analysis demonstrates that no basal medium can be considered universally optimal. Selection and optimization of mineral composition should therefore be adapted to plant species, genotype, explant type and culture stage. Such targeted optimization represents an important biotechnological approach for improving the stability and efficiency of in vitro propagation protocols for rare, medicinal and introduced plants.

Keywords: *in vitro* culture, mineral nutrition, macroelements, microelements, MS medium, WPM, DKW, morphogenesis, regeneration.

Acknowledgements. This work was carried out within the framework of the 2025–2029 budget research program “Creation and Digital Documentation of the *In Vitro* Collection of the Tashkent Botanical Garden Using Innovative Biotechnological Methods” implemented at the Biotechnology Laboratory of the Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov. Laboratory equipment purchased within the framework of Resolution No. PP-3365 of the President of the Republic of Uzbekistan dated November 1, 2017, was used in the research.

BREAKTHROUGH IN VITRO MICROPROPAGATION TECHNOLOGY FOR THE RARE MEDICINAL PLANT *UNGERNIA SEWERTZOWII* (REGEL) B.FEDTSCH

Ummatova Yu.I., Mustafina F.U
Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov, Biotechnology Laboratory.

Abstract.

Ungernia sewertzowii (Regel) B.Fedtsch. is a rare medicinal plant whose biologically active compounds are of considerable pharmaceutical interest. Anthropogenic pressure on natural populations, demand for plant raw material and the specific features of seed propagation highlight the need for efficient alternative conservation and propagation methods. This study presents a staged in vitro micropropagation technology based on seed-derived explants. The protocol integrates two-step cold stratification, aseptic germination, callus induction, direct and indirect organogenesis, microbulb formation, root-system development and preparation of regenerants for transfer to soil. Murashige and Skoog (MS) medium was used at different strengths according to the developmental stage: 25% MS during the second cold-stratification stage, 50% MS for germination, and full-strength MS for callusogenesis and organogenesis. Callus formation was induced using 0.5 mg/L 2,4-D in combination with BAP, kinetin or zeatin. Previous experimental results showed callus formation of up to 95% with 0.5 mg/L 2,4-D combined with 0.5 mg/L kinetin or zeatin. Changing the auxin–cytokinin balance subsequently induced organogenesis and microbulb regeneration. Indirect organogenesis demonstrated particularly high multiplication potential, with up to 100–150 microbulbs developing on individual callus-bearing explants, whereas direct organogenesis enabled regeneration without an intermediate callus stage. Increasing the auxin concentration from 0.5 to 2.5 mg/L was used to promote microbulb biomass and root development. The integrated system is designed to obtain, within approximately six months, microbulb planting material corresponding in developmental level to 2–3-year-old plants under natural conditions. The developed approach demonstrates breakthrough potential for rapid multiplication, *ex situ* conservation and reduction of pressure on natural populations of this valuable medicinal species.

Keywords:*Ungernia sewertzowii*, breakthrough biotechnology, *in vitro* micropropagation, callusogenesis, organogenesis, microbulbs, MS medium, *ex situ* conservation.

Acknowledgements. This research was carried out within the framework of the 2025–2029 budget research program “Creation and Digital Documentation of the *In Vitro* Collection of the Tashkent Botanical Garden Using Innovative Biotechnological Methods” implemented

at the Biotechnology Laboratory of the Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov. Laboratory equipment purchased within the framework of Resolution No. PP-3365 of the President of the Republic of Uzbekistan dated November 1, 2017, was used in the research.

HARMONIZING SUSTAINABLE PRACTICES: CLIMATE-RESPONSIVE DESIGN IN UNIVERSITY LIBRARIES

Ar. Fahrah Khurram, MSc SED AIOU & Assistant Professor (VF) NCA, Rawalpindi, Pakistan.
Ar. Nazia Iftakhar, Lecturer, Dept. of Nutritional Sciences & Environmental Design, AIOU, Islamabad, Pakistan.
Ar. Dr. Omer Shujat Bhatti, Associate Professor & CoD, Dept. of Architecture, School of Architecture & Planning, UMT, Lahore, Pakistan. omer.shujat@umt.edu.pk
Prof. Dr. Muhammad Asad Ghufran, Professor Dept. of Environmental Science, IIUI, Islamabad, Pakistan.
Ar. Kabeer Ud Din Naseer, Assistant Professor, Dept. of Architecture, School of Architecture & Planning, UMT, Lahore, Pakistan.

ABSTRACT

The current research exploration in the form of this paper responds to the growing environmental issues and energy disasters by noting that human conduct needs to be adjusted to sustainable practices. With a particular interest in the Junaid Zaidi Library in the COMSATS University Islamabad (CUI), the study examines how climate-responsive design can be used to improve the level of indoor comfort and raise awareness about sustainability in educational institutions. The current conditions of the library, performance gaps, and the design strategies that can be offered to the library, such as the best orientation, passive heating and cooling methods, and the use of sustainable materials, are evaluated by studying the library with the help of observational methods, qualitative surveys, and analysis of environmental data. The results would be used to create energy-efficient, user-friendly academic spaces with minimal adverse effects on the environment. The study was carried out within a period of four months, but there might have been limitations to the study, such as the time factor and seasonal factor. However, the study offers useful design information to architects and planners to help in a wider perspective of sustainable building practices within the scope of university libraries within the twin cities of Pakistan.

KEYWORDS: Climate Responsive Design, Sustainable Building, Sustainable Materials, Responsive Architecture.

EARLY IDENTIFICATION OF AUTISM SPECTRUM DISORDER: BARRIERS, OPPORTUNITIES, AND IMPLICATIONS FOR INTERVENTION

Saleha Bibi[1] & Najam Us Sahar[2]

1. PhD Scholar, Fatima Jinnah Women University, Pakistan

Research Fellow, School of Psychology, Queens University Belfast, UK.

Abstract

Early identification of Autism Spectrum Disorder (ASD) is essential for facilitating timely intervention, supporting developmental progress, and improving the quality of life of autistic children and their families. However, the identification of autism during early childhood remains a significant challenge in many healthcare and educational settings. Limited parental awareness, misconceptions about developmental milestones, stigma associated with neurodevelopmental conditions, and delays in seeking professional guidance may contribute to late identification. Furthermore, inadequate training among healthcare providers, limited access to developmental screening services, shortages of qualified specialists, and financial constraints can create additional barriers to early diagnosis.

The identification process may be further complicated by variations in developmental presentation, differences in symptom severity, co-occurring conditions, and the limited availability of culturally and linguistically appropriate screening instruments. In low- and middle-income countries, including Pakistan, disparities in healthcare infrastructure and specialized services may further restrict access to timely developmental assessment. Delayed identification can postpone access to individualized intervention, speech and language support, behavioral services, parent training, and appropriate educational planning.

This paper examines the individual, familial, professional, and systemic factors influencing the early identification of ASD. It also considers opportunities to strengthen developmental surveillance, improve community awareness, enhance professional training, and establish effective referral pathways between primary healthcare providers, psychologists, special educators, and rehabilitation professionals. The importance of family-centered practice and culturally responsive assessment is emphasized. Strengthening early identification systems through coordinated healthcare and educational services may facilitate timely access to appropriate interventions and reduce the long-term burden on families. A comprehensive, collaborative approach is therefore essential to promoting equitable access to early autism identification and support.

Keywords: Autism Spectrum Disorder, early identification, developmental screening, early intervention, parental awareness, diagnostic barriers, family-centered care.

ASSESSING THE BLEACHING EFFECTIVENESS OF GLUCOSE-BASED ACTIVATED CARBON ON SOYBEAN AND PALM OILS

Christianah Chinenye Aniobi[1*], Morenike Grace Ajayi[1], Barizomdu Tina Pii[1], Oluseye Gbadebo Olasunkanmi[2], Olusola David Ogundele[3], Adebayo Abraham Adaramodu[1]
[1]Department of Chemical Sciences, Bamidele Olumilua University of Education, Science and Technology (BOUESTI), Ikere-Ekiti, Ekiti State, Nigeria.
[2]Department of Chemistry, Federal University of Agriculture and Development Studies, Iragbiji, Osun State, Nigeria
[3]Department of Chemical Sciences, Achievers University Owo, Nigeria
ORCID No: 0000-0002-0138-5171

Abstract

Bleaching is a crucial step in oil refining that removes impurities and improves the color and quality of the oil. However, traditional bleaching agents, such as activated clays, can have limitations including high costs, environmental concerns, and variable efficacy. The development of alternative, sustainable, and effective bleaching agents is essential to address these challenges. Therefore, this study aims to evaluate the effectiveness of glucose-derived activated carbon as a bleaching agent for soybean and palm oils. The glucose-based activated carbon was prepared by using chemical activation and carbonization methods, while the following refining processes were used: filtration, absorption, degumming, neutralization, and bleaching. Under the bleaching experiment, the effects of adsorbent dosage and time were also investigated. In this study, the Langmuir isotherm equation was adopted to determine the adsorption capacity (Q^o), Langmuir constant (b), and percentage oil adsorbed. The percentage adsorption values for soybean oil are 79.40, 71.60, 61.70, 50.50, 14.40, and 10.80, while those of palm oil are 35.40, 28.90, 28.30, 21.70, 19.90, and 09.20, respectively. Results showed that activated carbon effectively removed impurities from both oils, with soyabean and palm oils exhibiting maximum adsorption capacity (Q^o) of 100 mg/g, while the Langmuir constant (b) of 4.8 L/mg and 5.8 L/mg for palm oil and soyabean oil, respectively, indicated moderate to strong adsorption affinity. Conclusively, the findings indicate that glucose-based activated carbon is a viable alternative to conventional mineral bleaching agents for soybean oil and, with further optimization of process conditions and adsorbent properties, could be extended to palm oil bleaching, contributing to more sustainable and resource-efficient refining in line with relevant Sustainable Development Goals.

Keywords: Activated carbon, bleaching effectiveness, glucose, palm oil, soyabean oil.

TRENDS IN NEW HIV INFECTIONS AMONG YOUNG PEOPLE (15-24) IN AFRICA: A RETROSPECTIVE COMPARATIVE ANALYSIS FROM 2010-2024

Emmanuel Lamptey
elamptey@uhas.edu.gh
School of Basic and Biomedical Sciences,
University of Health and Allied Sciences, Ho Ghana.

Abstract

There is urgent need to address the disproportionate impact of HIV on adolescents and young adults in Africa. The present study evaluated the long-term trend and variation of new HIV infections rates among those aged between 15 and 24 years. Data on new infection rates from 2010 to 2024 were obtained from the WHO Global Health Observatory. The retrospective comparative analysis confirmed a declining trend with an appreciable pace from 2010 to 2024. The analysis also revealed remarkable strides some countries have made in reducing new HIV infections among the youth. It highlighted struggling cases encountered in the continent within the period. Countries with stable and unpredictable fluctuations in the rate of new infections were identified. Examining this past data and its influence provides insight that guides policies and health behaviors in reducing the incidence of new HIV cases in the future.

Keywords: HIV, pattern analysis, incidence, population groups.

Conflict of Interest/Ethical Approval

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

BREAKTHROUGH BIOTECHNOLOGICAL APPROACH TO THE *IN VITRO* PROPAGATION OF *MORUS RUBRA* L., *PTELEA TRIFOLIATA* L. AND *FORESTIERA NEOMEXICANA* A. GRAY

Juraeva H.K., Ummatova Y.I., Khazratov A.T., Mustafina F.U., Abdinazarov S.Kh.
Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov, Institute of Botany, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
E-mail: hanifabonujurayeva@gmail.com

ABSTRACT

The development of efficient *in vitro* propagation systems is an important breakthrough direction in plant biotechnology, particularly for the conservation and accelerated multiplication of valuable woody and shrub species maintained in botanical garden collections. This study comparatively evaluated the effects of Woody Plant Medium (WPM) and plant growth regulators on the in vitro propagation of *Morus rubra* L., *Ptelea trifoliata* L. and *Forestiera neomexicana* A. Gray. Explant responses were assessed during culture initiation, shoot elongation and rhizogenesis. Hormone-free WPM provided high viability at culture establishment, reaching 90 ± 2% in M. rubra, 88 ± 3% in *P. trifoliata* and 89 ± 2% in *F. neomexicana.* Subsequent morphogenesis showed a pronounced species-specific response to growth regulators. For *M. rubra*, BAP at 0.5 mg/L was the most effective treatment for shoot development. In *P. trifoliata*, BAP 0.2 mg/L combined with NAA 0.05 mg/L promoted the highest morphogenetic activity. *F. neomexicana* responded most effectively to TDZ 0.1 mg/L combined with NAA 0.05 mg/L. During rhizogenesis, auxin-containing media increased rooting efficiency, with the highest response of 75 ± 2% recorded for *F. neomexicana.* The developed species-specific approach integrates efficient culture establishment, shoot development and rooting into a reproducible propagation system. These findings demonstrate the breakthrough potential of plant tissue culture technology for rapid propagation, *ex situ* conservation and restoration of valuable plant genetic resources, while emphasizing the necessity of individual optimization of nutrient media and growth regulator combinations for different woody species.

Keywords: *Morus rubra*, *Ptelea trifoliata*, *Forestiera neomexicana*, breakthrough biotechnology, *in vitro* propagation, WPM, plant growth regulators, *ex situ* conservation.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was carried out within the framework of the 2025–2029 research program “Creation of an *In Vitro* Collection and Its Digital Documentation” implemented at the Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov. The authors gratefully acknowledge the use of laboratory equipment acquired within the framework of Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan No. PP-3365 dated November 1, 2017.

BREAKTHROUGH *IN VITRO* BIOTECHNOLOGY FOR PROPAGATION AND CONSERVATION OF THE RARE MEDICINAL PLANT *UNGERNIA VICTORIS* VVED. EX ARTJUSH

Juraeva H.K., Mustafina F.U.
Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov, Institute of Botany, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
E-mail: hanifabonujurayeva@gmail.com

ABSTRACT

Ungernia victoris Vved. ex Artjush. is a rare medicinal plant of Central Asia and a valuable source of biologically active compounds, including galantamine. Its restricted natural distribution, slow propagation and demand for medicinal raw material make the development of alternative propagation and conservation technologies particularly important. This study presents an integrated *in vitro* biotechnology based on seed-derived explants for propagation and ex situ conservation of *U. victoris*. Seeds were subjected to two-stage cold stratification and multistep surface sterilization. Root, hypocotyl and cotyledon segments of germinated seedlings were cultured on Murashige and Skoog (MS) medium supplemented with different combinations of auxins and cytokinins. Two-stage stratification increased seed germination to 90–92%, compared with approximately 70% in non-stratified seeds. On MS medium containing 0.5 mg/L 2,4-D and 0.5 mg/L kinetin, callus formation was observed in approximately 90% of explants, while callus biomass increased by 50–80% during the first passage. Indirect organogenesis was the principal regeneration pathway, and appropriate auxin–cytokinin combinations promoted microbulb formation in up to 80% of cultures. Subsequent modification of MS concentration and plant growth regulator composition enabled root development and adaptation of up to 60% of regenerants to soil conditions. The developed biotechnology provides a complete in vitro cycle from seed pretreatment and callus induction to microbulb formation, rooted regenerants and acclimatization. Its practical significance lies in preserving valuable genetic material, establishing *in vitro* collections and reducing the need to collect plant material from natural populations. The approach demonstrates breakthrough potential for the sustainable conservation and propagation of rare medicinal plant genetic resources.

Keywords: *Ungernia victoris*, breakthrough biotechnology, *in vitro* propagation, callus culture, indirect organogenesis, microbulbs, *ex situ* conservation.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was carried out within the framework of the 2025–2029 budget research program “Creation and Digital Documentation of the *in vitro* Collection of the Tashkent Botanical Garden Using Innovative Biotechnological Methods” implemented at the Tashkent Botanical Garden named after Academician F.N. Rusanov. Laboratory equipment purchased within the

framework of Resolution No. PP-3365 of the President of the Republic of Uzbekistan dated November 1, 2017, was used in the research. Part of the study was conducted within the innovation project IL-8624042533, funded by the Agency for Innovative Development in 2025–2026.

INVENTORY AND VERIFICATION OF LAND TENURE IN FOREST AREAS (PTKH) AS A BASIC INPUT FOR AGRARIAN REFORM LAND (TORA) ACTIVITIES

Heni Emawati, Legowo Kamarubayan, Rolly Yulianthi*, Nurina Shar Fina,
Fakulty of Agriculture, University of 17 Agustus 1945 Samarinda.
Jalan Ir. H. Juanda No.80 Samarinda City, East Kalimantan, Indonesia 75124.

Abstract

Agrarian Reform Land Object (TORA) is land controlled by the State to be distributed or redistributed in the context of agrarian reform. Agrarian reform is the restructuring of land tenure, ownership, use, and utilization in a more equitable manner through asset reform and access reform for the prosperity of the Indonesian people. Forest Areas serving as sources of Agrarian Reform Land (TORA), as regulated by the Minister of Environment and Forestry Regulation, consist of unproductive Convertible Production Forest Areas (HPK) and Production Forest Areas or Protected Forest Areas that have been controlled, owned, used, and utilized for settlements, public facilities, and/or social facilities, as well as cultivated land. In addition, Convertible Production Forest Areas (HPK), whose land cover is dominated by non-forested land and must comply with the Indicative Map of Forest Area Allocations for the provision of Agrarian Reform Land Objects (TORA), as established by the Minister of Environment and Forestry. Bakungan Village, Loa Janan District, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan Province is one of the areas included in the Indicative Map of Agrarian Reform Land Objects (TORA). The research methods used are desk analysis and field verification. The purpose of this study is to collect data on land tenure, ownership, use, or utilization, as well as to verify land tenure in order to obtain recommendations regarding clear legal certainty over land rights controlled by the community, so that the Agrarian Reform Land Object (TORA) mechanism can serve as one of the approaches for resolving land tenure issues within forest areas.

Keywords: Agrarian Reform Object Land, Bakungan Village, Forest Area

INVENTORY OF INTEGRATED TOURISM POTENTIAL OF PADANG LUWAY NATURE RESERVE WITH OTHER TOURISM SITES IN WEST KUTAI REGENCY

Karolina Sherly Orianto[1], M. Sumaryono[1] and Johanes Johny Hang Kueng[2]
[1]Faculty of Agriculture, University of 17 Agustus 1945 Samarinda
Jalan Ir. H. Juanda 80, Samarinda City, East Kalimantan, Indonesia 75124
[2]Laboratorium Sosial Ekonomi Fahutan Unmul, Samarinda**.**
Jalan M Yamin, Samarinda City, East Kalimantan, Indonesia

Abstract

West Kutai Regency was established under Law Number 47 Year 1999, is rich with natural resources as well as full with unique cultural heritages, giving the area a great potentiality to be a tourism destination. Padang Luway Nature Reserve besides cultural tourism object such as lamin (East Kalimantan's traditional house), traditional dance and local ceremonies, is one of tourism objects found to be attracting tourists to visit West Kutai Regency. The aims of this research were to identify the type of vegetation and the fauna found in the Padang Luway Nature Reserve which is one of the natural tourist attractions in the West Kutai Regency; to identify other tourist attractions; to analyze the strength, the weakness, the opportunity and the existence threat of the Nature Reserve as well as other tourist attractions and what strategies were based on the results of the analysis in developing tourism in the West Kutai Regency. The research resulted that there were about 759 known individuals from various types of vegetation in the level of epiphytes which was dominated by the black orchid (*Coelogyne pandurate* Lindl.). Approximately 555 individuals of different types of vegetation were the host of the orchids. There were also found some mammals, reptiles, birds, butterflies, fishes, shrimps and crabs. There were also nature and cultural tourisms. The Regency Government, in this case the Office of Tourism, Art and Culture had made some efforts to manage those tourism objects, but these steps were barely enough since some of them were abandoned. This made the available structure and infrastructure vulnerable to destruction. The differing perception between BKSDA and the Office of Tourism in the management and use of Nature Reserve could negatively affect the existence of the Reserve itself. The lack of promotion by the Office of Tourism resulted in ever-decreasing number of visitors coming to the tourism objects from year to year. Information on the sites which was incomplete an unattractive had worsened the situation. In the future, a good coordination between the Office of Tourism and the local communities is essential, creating a sense of participation from the part of those communities. Coordination between BKSDA and the Office of Tourism also needs improvement, besides promotion about the tourism objects in a complete and interesting ways.

Keywords: inventarization, Tourism Potential, Nature Reserve, tourist attractions

INCISIONAL HERNIAS FROM RISK ASSESSMENT TO INDIVIDUALIZED SURGICAL MANAGEMENT

Astrit Xhemali[1], Myzafer Kacaj[1], Eri Stafa[1], Denis Godaj[1], Eda Hoti[1], Xhoana Haliti[1], Rudin Domi[2], Xheladin Dracini[1]

[1] General Surgery Service, University Hospital Centre "Mother Teresa", Tirana, Albania.

[2] Anesthesiology and Intensive Care Service, Department of Surgery, Faculty of Medicine, University of Medicine, Tirana, Albania.

Background: Incisional hernias are an important complication of abdominal surgery, associated with discomfort, functional limitations, and impaired quality of life. Their development reflects interactions between patient characteristics, wound healing, and surgical technique. This theoretical overview discusses the principles of prevention, clinical assessment, and individualized management.

Methods: A narrative overview of European Hernia Society guidance on incisional hernia management and European and American Hernia Societies' recommendations on abdominal wall closure was undertaken. The synthesis focused on modifiable risk factors, diagnostic assessment, preventive strategies, and surgical decision-making.

Results: Obesity, smoking, diabetes, and surgical site infection are important considerations in risk assessment. Prevention involves appropriate fascial closure, infection prevention, and selective consideration of prophylactic mesh augmentation. Clinical examination remains central to diagnosis, while imaging supports assessment when findings are uncertain and assists operative planning. Management should consider symptoms, hernia characteristics, comorbidities, and patient preferences. Preoperative optimization includes smoking cessation, improved glycaemic control, and targeted weight management where appropriate. Mesh-based repair is generally preferred to suture repair for midline incisional hernias, with retromuscular placement recommended when feasible. The operative approach should reflect anatomical complexity and available expertise. Outcomes should encompass recurrence, wound complications, chronic pain, abdominal wall function, and patient-reported quality of life.

Conclusions: Incisional hernia management requires an individualized approach integrating prevention, risk modification, anatomical assessment, and shared decision-making. Appropriate surgical planning should balance repair durability with perioperative morbidity and functional recovery. Standardized outcome reporting and long-term follow-up are essential for evaluating treatment effectiveness and improving patient care.

Keywords: incisional hernia; abdominal wall; risk assessment; mesh repair; surgical outcomes.

ORAL DISSOLVING FILMS: AN EMERGING APPROACH FOR PATIENT-FRIENDLY DRUG DELIVERY

Bornare Ashwini
Department of Pharmacology, JES's SND College of Pharmacy, Babhulgaon, Dist. Nashik, India.

Abstract

Oral dissolving films (ODFs) have emerged as an innovative and patient-friendly approach in modern pharmaceutical drug delivery, addressing several limitations associated with conventional oral dosage forms. These thin, flexible polymeric films are designed to rapidly disintegrate or dissolve in the oral cavity without the need for water, providing convenient administration and improved patient acceptability.

The primary aim of oral dissolving films is to provide rapid drug release and improve patient compliance, particularly in individuals who experience difficulty swallowing conventional tablets or capsules. ODFs generally contain active pharmaceutical ingredients along with suitable film-forming polymers, plasticizers, sweeteners, flavors, and other pharmaceutical excipients. The selection of appropriate polymers and formulation components plays an important role in achieving desirable film properties.

Various techniques, including solvent casting, hot-melt extrusion, and semi-solid casting, have been explored for the preparation of oral dissolving films. Important evaluation parameters include appearance, thickness, weight variation, folding endurance, tensile strength, surface pH, disintegration time, drug content uniformity, and in-vitro drug release. These systems can provide rapid drug availability and may improve convenience and medication adherence.

Despite their promising advantages, challenges such as limited drug loading capacity, moisture sensitivity, taste masking, mechanical strength, and formulation stability need to be considered during development. In conclusion, oral dissolving films represent a promising novel drug delivery platform with significant potential for improving the convenience, acceptability, and effectiveness of oral medication.

Keywords: Oral Dissolving Films, Novel Drug Delivery System, Patient Compliance, Rapid Drug Release, Film-Forming Polymers, Solvent Casting, Drug Delivery.

PREVALENCE OF HEPATITIS C VIRUS ANTIBODIES IN HIV-INFECTED INDIVIDUALS ATTENDING NEW ERA HOSPITAL, ABA, ABIA STATE, NIGERIA

Precious Chipuruime Moses[1], Blessing Jachinma Okonko[1], Precious Chidinma John-Chika[1], Hope Chioma Innocent-Adiele[1] & Iheanyi Omezuruike Okonko[1]
[1]Virus & Genomics Research Unit, Department of Microbiology, University of Port Harcourt, Rivers State, Nigeria.
[2]Medical Microbiology & Epidemiology Research Unit, Department of Microbiology, Madonna University Elele, River State, Nigeria.

ABSTRACT

Background: Hepatitis C virus (HCV) and HIV co-infection significantly accelerates liver disease progression due to shared parenteral transmission routes. This study determined the seroprevalence and sociodemographic correlates of anti-HCV antibodies among HIV-positive individuals at New Era Hospital in Aba, Abia State, Nigeria.

Methods: A cross-sectional epidemiological design was utilized with a cohort of 100 participants. Serum samples were analyzed using a third-generation Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) protocol (DIA.PRO, Italy) engineered to detect host total antibodies (IgG and IgM) against viral antigens. Demographic variables and clinical viral load profiles were structured and statistically analyzed using Chi-square (χ^2) and Fisher's exact tests via SPSS version 25.0.

Results: Out of the 100 participants evaluated, 7 tested positives for anti-HCV antibodies, establishing an overall study seroprevalence of 7.0%. Descriptive within-group frequencies indicated higher exposure rates among males (10.5%), cohorts aged greater than 50 years (15.8%), widowed individuals (14.3%), and civil servants (50.0%, n=2). Positive cases were primarily distributed within the lower viral replication bands (less than 20 copies/mL) and the 100–999 copies/mL strata. Inferential analysis demonstrated that no demographic variables or clinical strata were statistically associated with anti-HCV antibody seroprevalence ($p > 0.05$).

Conclusion: The recorded 7.0% seroprevalence underscores a notable burden of exposure within the study area. The absence of statistically significant demographic associations implies that transmission risks are likely driven by localized environmental exposure vectors or shared behavioral routines rather than fixed demographic characteristics. These findings emphasize the critical need for integrated routine diagnostic screening and targeted public health prevention campaigns.

Keywords: Hepatitis C Virus, Antibodies, Seroprevalence, HIV Co-infection, Nigeria.

USED OF MICROWAVE IN CONTROLLING OF *ORYZAEPHILUS SURINAMENSIS* IN FLAXSEED

Reza Sadeghi
Department of Entomology and Plant Pathology, College of Agricultural Technology, University of Tehran
rsadegi@ut.ac.ir

Abstract

Storage pests with quantitative, qualitative and hygienic losses to storage products lead to heavy damage in these products. In Iran, every year, on average, 10 to 20% of agricultural products in warehouses are destroyed by pests and other harmful factors. One of the new methods of controlling storage pests is microwave heating, which is an environmentally friendly method and can be used to replace chemical methods to control storage pests. Flaxseed is suitable food for stored pest. In this study, the percentage of adult insect mortality of *Oryzaephylus surinamensis* L., which along with flaxseed samples were exposed to microwave radiation at 320, 720, 900 watts with times of 10, 20, 30 seconds. Also, qualitative evaluation of product changes due to the above treatments was performed in the form of changes in colorimetric factors and organoleptic properties of the product. The results showed that in microwave treatment, the mortality rate increases with increasing treatment time. There was also a direct relationship between mortality rate and microwave powers. At 320 watts and 10 seconds the lowest mortality rate occurs and at 900 watts and 30 seconds the highest percentage of adult insect mortality occurs. Power and time factors had a significant effect on the taste and overall acceptance of flaxseed product.

Keywords: flaxseed, microwave, pest, mortality.

USE OF POMEGRANATE PEEL AND WALNUT PEEL ON *GALLERIA MELLONELLA* BLOOD CELLS WITH THEIR REPELLENCY AND FUMIGANT TOXICITY

Reza Sadeghi
Department of Entomology and Plant Pathology, College of Agricultural Technology, University of Tehran

ABSTRACT

The use of plant pesticides in pest control has become necessary due to the expansion of the use of chemical pesticides that has led to environmental damage. Extracts obtained from plants, which are mainly extracted from natural sources and different parts of plants, have been considered as a natural and efficient alternative to replace chemical pesticides. One of the obvious advantages of plant pesticides is high biological degradability and less toxic effects on non-target organisms and plants. High biodegradability means the ability of these materials to be broken down and transformed into harmless materials by microorganisms and natural environmental processes. Unlike chemical pesticides that may remain in the soil for long periods and lead to the accumulation of toxic substances in the food chain, plant pesticides decompose quickly and cause fewer environmental hazards. In addition, these compounds are often designed to be effective only on specific pests and therefore pose less risk to local biodiversity. This issue is especially important in environments where the protection of native species is important. Plant pesticides can effectively help reduce the damage caused by pests to different parts of agricultural products without causing significant damage to the environment. The effect of plant extracts as pesticides often occurs through various mechanisms such as disruption of the nervous system of pests, inhibition of protein synthesis, changes in hormone production, and disruption of metabolic processes. In addition to direct effects, plant extracts can act as plant resistance enhancers, which means that they can increase the ability of plants to deal with pests and diseases. This is usually done by inducing the production of secondary metabolites that have defensive properties. In addition, with the advancement of extraction and purification technologies, the ability to use plant compounds in more accurate and efficient formulations has increased, which helps to produce environmentally friendly products. Also, plant pesticides can help reduce the emergence of resistance in pests because the mechanisms of action of these compounds are often different from those of chemicals. Among these mechanisms is inhibiting the vital functions of pests or disrupting their reproductive process. This diversity in mechanisms of action reduces the possibility of developing resistance in pests because pests need to adapt to several different types of mechanisms. These practices can include enhancing plants with specific plant compounds for greater resistance to pests, or

developing plant pesticides based on these compounds. These chemical compounds, as natural inhibitors, can prevent the plant from being eaten by insects or slow down the growth of pests, which in turn can lead to reduced crop damage. These differences cause them to be proposed as effective and environmental alternatives. Plant pesticides usually contain compounds that are produced through natural processes in plants and are responsible for defending the plant against pests. The expansion of the use of plant pesticides is not only due to their efficiency in pest control but also due to their compatibility with the principles of sustainable agriculture and the protection of biological diversity.In this study, effects of concentrations of (5%, 15% and 30% of *Punica granatum*) and concentrations of (5%, 10% and 20% of Juglans regia extract) on *Galleria mellonella* were studied. For this purpose, one microliter of the desired concentration was injected to the abdominal wall of the larva, and then one of the second abdominal pair's legs was cut, and the extracted hemolymph of the leg was studied and blood cells were counted. In addition, concentrations of 5%, 10%, 15% and 20% of extracts were evaluated to determine the degree of repellency by using an olfectometer tube and concentrations of (100, 170, 200, 300 and 400 µl) of *Juglans regia* extract and concentrations (500, 700, 900 and 1000 µl) of *Punica granatum* extract was studied to determine the fumigant toxicity. The results showed that the highest amount of repellency for *Juglans regia* extract and *Punica granatum* extract was obtained at 20% concentration and created 12 hours and 18 hours after treatment, respectively. In addition, the results showed that the fumigant toxicity of *Juglans regia* extract was much higher than that of *Punica granatum* extract for *G. mellonella*. Also, the total number of blood cells and plasmatocytes after injection of *Juglans regia* extract and the number of granulocytes and the total number of cells after injection of *Punica granatum* extract decreased with increasing concentrations and the number of granulocyte cells after injection of *Juglans regia* extract as well as the number of plasmutocytes after injection of *Punica granatum* extract had a different process.

Key words: *Galleria mellonella*, *Punica granatum*, *Juglans regia* extract, Repellency, fumigant

STRUCTURAL ORIENTATION OF CONSUMERS IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA TOWARD FOREIGN E-COMMERCE PLATFORMS EMPIRICAL EVIDENCE AND LEGAL IMPLICATIONS

Vatamanita MARIANA
Drd. in law, "Constantin Stere"University of European Political and Economic Science, Faculty of Law, Department of Law, Republic of Moldova
ORCID: 0009-0004-2949-4750
Marit ALEXANDRU
Conf. univ., dr. in law, "Constantin Stere" University of European Political and Economic Science, Faculty of Law, Department of Law, Republic of Moldova
ORCID: 000-002-3198-8398

Abstract

This article examines the structural orientation of consumers in the Republic of Moldova toward foreign electronic commerce platforms, using payment statistics published by the National Bank of Moldova (NBM) as the principal empirical basis. The study addresses the growing importance of cross-border e-commerce for the Moldovan market and seeks to determine whether the use of foreign platforms represents an occasional component of online consumption or a persistent structural feature. The research applies documentary, statistical and comparative legal methods, with particular attention to NBM data concerning card payments made through e-commerce platforms in 2020–2024. The findings indicate a sustained predominance of foreign platforms. In 2024, 21.68 million e-commerce transactions, representing approximately 77.2% of the total, were conducted through platforms provided by foreign payment service providers, compared with 6.40 million transactions through platforms in Moldova. Their monetary value reached approximately MDL 10.21 billion abroad and MDL 3.25 billion domestically. Comparable NBM data show that the foreign component already represented about 77% of transactions in 2022, demonstrating that the phenomenon is not limited to a single year. At the same time, the domestic e-commerce infrastructure expanded considerably, including a substantial increase in the number of platforms capable of accepting online card payments. The article argues that these developments create a distinctive regulatory environment in which consumer protection, payment security, jurisdiction, applicable law, dispute resolution and enforcement acquire a pronounced cross-border dimension. The results provide an empirical foundation for evaluating Moldova's legal and institutional capacity to effectively regulate cross-border digital commerce and related risks.

Keywords: cross-border e-commerce; electronic commerce; foreign platforms; consumer protection; digital payments; payment service providers; cross-border transactions.

AL APPLICATIONS AND MONITORING SYSTEMS IN CONSTRUCTION AND URBAN PLANNING: EUROPEAN PRACTICES AND PROSPECTS FOR THE REPUBLIC OF MOLDOVA

Vatamanita MARIANA
Drd. in law, "Constantin Stere"University of European Political and Economic Science, Faculty of Law, Department of Law, Republic of Moldova
ORCID: 0009-0004-2949-4750

Abstract

The rapid digital transformation of the construction and urban planning sectors is creating new opportunities for the application of artificial intelligence (AI), computer vision, geographic information systems (GIS), Building Information Modelling (BIM), Internet of Things (IoT), unmanned aerial vehicles (UAVs), and digital twins. These technologies can substantially transform the way construction projects are planned, authorized, monitored and controlled, while also improving the efficiency and transparency of urban governance. This article examines the application of AI and intelligent monitoring systems in construction and urban planning, with particular reference to European practices and the emerging digital framework of the Republic of Moldova. The research combines legal, institutional and comparative analysis with a review of recent scientific literature and European digitalisation initiatives. Particular attention is paid to AI-assisted construction-site monitoring, automated detection of safety violations, progress monitoring, quality control, identification of unauthorized construction, geospatial analysis, urban digital twins and predictive risk assessment. The European experience demonstrates an increasing integration of AI with BIM, GIS, sensor networks and real-time urban data. In the Republic of Moldova, the digitalisation of construction permitting through the SIA GEAP, the development of the National Spatial Data Infrastructure and the creation of territorial-planning geo-information systems provide an institutional foundation for the gradual integration of AI-assisted monitoring. The article argues that AI should function as a decision-support instrument rather than replace legally responsible authorities and qualified technical experts. Its effective implementation requires interoperable databases, reliable spatial data, cybersecurity, personal-data protection, algorithmic transparency, technical standards and appropriate institutional capacity. The integration of these technologies could contribute to more transparent construction supervision, earlier detection of risks, improved urban planning and more effective enforcement of construction regulations in Moldova.

Keywords: artificial intelligence; construction; urban planning; computer vision; GIS; BIM; digital twins; monitoring systems.

SCREEN TIME, SLEEP QUALITY AND ACADEMIC PRODUCTIVITY: A HEALTH ECONOMICS PERSPECTIVE

Ms. Preeja KS
Ph.D. Research Scholar
School of Social Sciences and Humanities
B.S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science & Technology,
Vandalur, Chennai – 600 048.
Dr. C. Saravanan
School of Social Sciences and Humanities
B.S. Abdur Rahman Crescent Institute of Science & Technology,
Vandalur, Chennai – 600 048.

ABSTRACT

The widespread use of digital devices, such as smartphones and laptops, has changed students'daily lives and learning habits. This paper examines the relationship between screen time, sleep quality and academic productivity from a health economics perspective, based on a review of previously published literature. The reviewed evidence suggests that excessive screen time, particularly before bedtime, may negatively affect sleep quality, concentration and academic performance. However, the educational use of digital devices can support learning and improve access to information. From an economic perspective, poor sleep and reduced concentration may lower learning efficiency and increase the loss of productive time. The impact of screen time depends on the duration, timing and purpose of device use. The paper highlights the importance of balanced digital habits and responsible screen use to support students' health, learning and academic productivity.

Keywords: Screen Time, Sleep Quality, Academic Productivity, Health Economics, Students.

CLIMATE CHANGE AND HEALTH PROTECTION IN VIETNAM: LEGAL CHALLENGES AND POLICY DIRECTIONS

PhD student. Van To Huu NGUYEN
Faculty of Law and Political Sciences, University of Szeged, Hunga, Tisza Lajos krt. 54, 6720
ORCID ID: 0009-0001-6972-3464

ABSTRACT

Climate change is a growing threat to human health, especially in countries that are highly exposed to floods, storms, heat, and other climate-related events. Vietnam is one of the countries facing these challenges. Climate change can increase health risks, damage healthcare facilities, and make it harder for people to access medical services. This paper examines the right to health in Vietnam in the context of climate change, with a focus on international human rights law and Vietnamese legislation.

The study uses legal analysis to review relevant international legal documents and Vietnamese laws and policies. It considers how the right to health is protected and what challenges remain in practice. The analysis shows that Vietnam has made progress in healthcare and has developed policies to respond to climate change. However, important challenges remain in protecting people from climate-related health risks. These challenges may have a greater impact on vulnerable groups, including people living in areas exposed to natural disasters and those with limited access to healthcare.

The paper argues that protecting the right to health requires more than providing medical services. It also requires effective climate policies, better preparation for climate-related emergencies, and fair access to healthcare. Stronger cooperation between government agencies and better protection for vulnerable groups are also important. The study highlights the need to connect climate change action with human rights protection to support a healthier and more resilient society in Vietnam.

Keywords: Climate change, health protection, legal challenges, policy directions, Vietnam

FORMS OF STUDENTS' LANGUAGE POLICY TOWARDS LECTURERS AT THE UNIVERSITY OF 17 AGUSTUS 1945 SAMARINDA: A SOCIOPRAGMATIC STUDY

Irwanto, Amin Slamet, Viony Calistha Joana
Faculty of Law, University of 17 Agustus 1945 Samarinda
Jalan Ir. H. Juanda 80 Samarinda City, East Kalimantan, Indonesia 75124

Abstract

This study examines the varieties of linguistic politeness used by students when interacting with lecturers at Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda through a sociopragmatic approach. The main objective is to describe the politeness strategies that emerge in academic communication and the social factors that influence them. The research employs a descriptive qualitative method with data collected through observation, recorded conversations, and interviews. The data were analyzed using Brown and Levinson's politeness theory, which includes positive politeness, negative politeness, and various forms of indirect speech. The findings indicate that in formal situations, students tend to use negative politeness strategies, such as respectful address forms, expressions of apology, and indirect ways of conveying intentions. Meanwhile, positive politeness strategies are more frequently used in more familiar or informal contexts, often reflected through light humor and expressions of solidarity. Factors influencing the choice of politeness strategies include social relationships, communication context, communicative goals, and academic cultural norms. Overall, this study highlights that linguistic politeness plays an essential role in maintaining smooth and harmonious academic interactions while reflecting students' social identity.

Keywords: Linguistic Politeness, Politeness Strategies, Academic Communication

NAVİGATİNG THE INTERFACE OF REGİONAL POLİCİES AND INTERNATİONAL STANDARDS: A COMPARATİVE LEGAL ANALYSİS OF HUMAN RİGHTS DOCUMENTATİON İN KASHMİR

Deboleena Bhattacharya
Faculty of Political Science and Journalism, Maria Curie-Skłodowska University (UMCS), Lublin, Poland
Email: deboleena.bhatt98@yahoo.com

Abstract

This study provides a comparative legal assessment of regional governance policies in Kashmir evaluated against established international human rights standards. In regions experiencing prolonged socio-political instability, the alignment between localized legislative frameworks and global conventions—such as the International Covenant on Civil and Political Rights (ICCPR)—frequently faces operational friction. This paper examines the systemic challenges associated with human rights documentation practices, analyzing how institutional mechanisms influence the collection, verification, and admissibility of data. Through a qualitative, comparative methodology, the research highlights the variances between regional legal protocols and international baseline requirements. The findings aim to identify institutional gaps in accountability frameworks, offering policy recommendations to enhance compliance with international humanitarian and human rights laws while strengthening local advocacy and documentation paradigms.

Keywords: International Relations, Human Rights, Kashmir, International Law, Regional Policy, Documentation Practices.

THE LEGAL POSITION OF WOMEN IN MARRIAGE AGREEMENTS FOLLOWING THE REVISION OF THE MARRIAGE LAW

Ekawati*, Abdul Rokhim, Ibrahim Adianto
Faculty of Law, University of 17 Agustus 1945 Samarinda
Jalan Ir. H. Juanda 80 Samarinda City, East Kalimantan, Indonesia 75124

Abstract

Marriage is a legal institution that creates rights and obligations for both husband and wife, including the regulation of property through a prenuptial or marital agreement. The amendment introduced by Law Number 16 of 2019 concerning the Amendment to Law Number 1 of 1974 on Marriage has implications for strengthening the principle of equality between husband and wife within the household. Nevertheless, in practice, issues remain regarding the status and legal position of women in marital agreements, particularly in relation to property control, legal responsibilities, and the protection of women's rights.

This study aims to analyze the legal aspects concerning the status and position of women in marital agreements in Indonesia based on Law Number 16 of 2019. The research employs a normative legal research method using a statutory approach and a conceptual approach. The legal materials consist of primary legal materials in the form of legislation, secondary legal materials such as legal literature and scholarly doctrines, and tertiary legal materials including legal dictionaries and encyclopedias. The analysis is conducted qualitatively by examining the legal norms governing marital agreements and the principle of gender equality within the Indonesian legal system. The results of the study indicate that, normatively, Law Number 16 of 2019 affirms the principle of equal rights and obligations between husband and wife in marriage. A marital agreement, as a manifestation of the principle of freedom of contract, provides women with the opportunity to independently regulate property arrangements and protect their interests, provided that such agreements do not contradict the law, religion, and public order. However, the effectiveness of legal protection for women largely depends on the parties' legal awareness, the balance of bargaining positions, and the implementation of the principles of justice and good faith in drafting marital agreements. Therefore, although women are legally recognized as having equal standing, further reinforcement of legal protection and awareness is still necessary to ensure the fulfillment of women's rights in marital agreements.

Keywords: Status of Women, Marriage Agreement, Gender Equality.

THE NATURAL JUDGE PRINCIPLE AMIDST THE TIME OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI): CONSTITUTIONAL SAFEGUARDS AND THE LIMITS OF AUTOMATED ADJUDICATION IN BRAZIL

Deilton RIBEIRO BRASIL[6]
University of Itaúna (UIT)

ABSTRACT:

This research examines the constitutional limits of artificial intelligence (AI) in Brazilian adjudication through the natural judge principle. Its general objective is to assess the compatibility of AI-assisted judicial activity with the guarantees established by Brazil's 1988 Federal Constitution. Specifically, it seeks to identify safeguards preserving lawful jurisdiction, independent judicial assessment, reasoned decisions, and procedural participation, while examining the contribution and limitations of the digital civil law provisions proposed in Draft Bill No. 4/2025. The research problem asks whether formal attribution of a decision to a competent judge sufficiently protects the natural judge principle when algorithmic systems substantially influence its content. The hypothesis is that constitutional compatibility requires meaningful human control, including the capacity to understand, challenge, and reject algorithmic recommendations, alongside transparency and effective opportunities for parties to contest their use. The study adopts the hypothetical-deductive method, with bibliographical research and documentary analysis of constitutional provisions and the draft bill's initial text, interpreted systematically through fundamental rights guarantees. The analysis focuses on the natural judge principle and its relationship with lawful jurisdiction, independent judicial assessment, due process, effective participation of the parties, and the duty to provide reasons for judicial decisions. Preliminary findings from this normative analysis suggest that formal judicial authorship alone cannot establish constitutional compatibility: the decisive issue is whether the legally competent judge retains effective adjudicative authority. The proposed requirements of explainability, auditability, and human oversight offer relevant safeguards, although their translation into judicial practice requires specific protections and cannot be inferred automatically from civil law provisions. The analysis supports constitutionally bounded AI assistance while questioning opaque substitution of judicial judgment.

KEYWORDS: Natural judge principle; Artificial intelligence (AI); Constitutional safeguards; Automated adjudication; Human oversight; Brazilian judiciary.

[6] 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. E-mail: deiltonribeiro@uit.br

TABLE OF CONTENTS: 1. Background issues. 2. The Natural Judge Principle and the Constitutional Limits of AI-Assisted Adjudication in Brazil. 3. Human Oversight and Algorithmic Accountability: The Contribution and Limits of Draft Bill No. 4/2025. 4. Concluding remarks. 5. Bibliography.

1. BACKGROUND ISSUES.

The use of artificial intelligence (AI) in judicial activity raises questions about the constitutional conditions under which technological assistance can contribute to the administration of justice. Applications involving legal research, the organisation of case materials, and the preparation of draft decisions may support adjudication, while also influencing how facts, arguments, and legal alternatives are presented to judges. These possibilities make it necessary to examine the relationship between algorithmic assistance and the effective exercise of adjudicative authority, particularly when the protection of fundamental rights depends on independent assessment and reasoned decisions.

Within the Brazilian constitutional framework, the natural judge principle provides a starting point for this discussion. The guarantee of processing and adjudication by the legally competent authority, established in the Brazilian Federal Constitution of 1988, Article 5, item LIII, must be considered alongside access to justice, due process, adversarial proceedings, and full defence. The constitutional duty to provide reasons for judicial decisions further connects the exercise of jurisdiction with the possibility of understanding and challenging its grounds. Together, these guarantees establish the normative framework within which this research examines the legitimacy of AI-assisted adjudication.

The proposed inclusion of a Digital Civil Law Book in the Brazilian Civil Code introduces a complementary perspective. In the initial text of Draft Bill No. 4/2025, proposed Article 2.027-AL addresses the protection of personality rights in the development of AI systems, including non-discrimination, transparency, auditability, explainability, traceability, and human oversight. Proposed Article 2.027-AM concerns information about interactions with AI systems and the criteria underlying automated decisions affecting rights or significant economic interests. These provisions offer material for examining technological safeguards, although their prospective contribution to judicial activity requires consideration of their civil law scope and articulation with constitutional procedural guarantees.

The interaction between these constitutional guarantees and the proposed digital safeguards requires attention to the distinction between technical explainability and the duty to provide reasons for judicial decisions. Information about an AI system’s operation can help identify the

assumptions and limitations underlying its recommendations. Judicial reasoning, in turn, requires an assessment of the evidence, the applicable legal framework, and the arguments presented by the parties in the particular dispute. This research therefore approaches transparency and auditability as safeguards whose constitutional significance depends on their contribution to independent assessment and effective procedural participation. Their relevance to adjudication should be evaluated according to whether they enable judges and litigants to identify, question, and correct the influence of algorithmic outputs, while preserving the judge's responsibility for the legal justification of the outcome.

In view of the foregoing, the research problem is whether the formal attribution of a decision to a competent judge sufficiently protects the natural judge principle when algorithmic systems substantially influence its content. The question becomes particularly significant where a judicial decision incorporates recommendations whose assumptions, limitations, or relevance to the dispute have received insufficient scrutiny. The inquiry therefore examines the conditions under which the legally competent judge retains effective authority over the assessment of the case and the justification of its outcome.

The general objective is to assess the compatibility of AI-assisted judicial activity with the guarantees established by Brazil's Federal Constitution of 1988. The specific objectives are to identify safeguards capable of preserving lawful jurisdiction, independent judicial assessment, reasoned decisions, and effective procedural participation, and to examine the contribution and limitations of the digital civil law provisions proposed in Draft Bill No. 4/2025. The relevance of this investigation lies in developing criteria that connect technological innovation with the constitutional responsibilities associated with adjudication.

The working hypothesis is that constitutional compatibility requires meaningful human control over the use and assessment of algorithmic outputs. Such control entails the practical capacity to examine their relevance, recognise their limitations, and reject recommendations that lack adequate factual or legal support. It also requires sufficient transparency to enable parties to challenge AI-influenced findings and participate effectively in the proceedings. The research tests whether these conditions follow from a systematic interpretation of the natural judge principle together with the other constitutional guarantees governing judicial activity.

The study adopts the hypothetical-deductive method, using the hypothesis to guide a critical examination of the relationship between formal judicial authorship and effective adjudicative authority. Its methodological procedures comprise bibliographical research and documentary analysis of the relevant constitutional provisions and the draft bill's initial text. Systematic

constitutional interpretation provides the basis for assessing the proposed safeguards and their possible contribution to judicial practice. The investigation is normative, and its conclusions are limited by the absence of empirical evaluation of specific AI systems and by the provisional character of the legislative proposal.

Preliminary findings suggest that the preservation of judicial authority depends on the substantive conditions under which algorithmic assistance is assessed and incorporated into a decision. Explainability, auditability, and human oversight provide relevant analytical criteria, while their application to adjudication requires safeguards responsive to procedural rights. The discussion consequently develops the constitutional foundations of the natural judge principle, examines the risks associated with algorithmic influence, and evaluates the contribution of the proposed digital civil law framework to the protection of independent judicial judgment.

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. THE NATURAL JUDGE PRINCIPLE AND THE CONSTITUTIONAL LIMITS OF AI-ASSISTED ADJUDICATION IN BRAZIL.

The natural judge principle provides a constitutional foundation for assessing AI-assisted adjudication in Brazil. Article 5, item XXXVII, of the Federal Constitution of 1988 prohibits exceptional courts or tribunals, while item LIII establishes that no person may be tried or sentenced except by the competent authority. Together, these provisions protect the lawful allocation of adjudicative power. Item LIV guarantees that no person shall be deprived of liberty or property without due process of law. Item LV secures adversarial proceedings and a full defence for litigants in judicial or administrative proceedings and for accused persons generally, including the means and remedies inherent in those guarantees. Complementing these protections, Article 93, item IX, requires judicial proceedings to be public and all judicial decisions to state their reasons, under penalty of nullity. This provision also permits the law to restrict attendance at certain procedural acts to the parties and their lawyers, or to the lawyers alone, where protecting the interested person’s privacy does not prejudice the public interest in information. Read systematically, these constitutional guarantees provide the basis for

examining whether technological assistance preserves lawful jurisdiction, effective procedural participation, and reasoned judicial assessment. Within this research, their combined interpretation supports the proposition that the competent judge must retain effective authority over the evaluation of the dispute and the grounds of the resulting decision, even when algorithmic systems contribute to its preparation (Brazil, 1988).

The constitutional relevance of AI may therefore arise before the formal delivery of judgment. When an algorithmic system selects precedents, summarises evidence, or organises the parties' submissions, its output may influence which issues receive judicial attention and how competing interpretations are assessed. On the interpretation advanced in this research, safeguarding the natural judge principle requires scrutiny of these intermediate contributions whenever they materially affect adjudication. The competent judge must retain the capacity to identify omissions, reconsider the relevance of selected information, and evaluate arguments that fall outside the system's proposed approach. Correspondingly, the parties should have an effective opportunity to challenge algorithmic contributions that influence the grounds of the decision. This understanding connects lawful jurisdiction with adversarial participation and the duty to provide reasons, treating them as mutually reinforcing guarantees (Brazil, 1988). It also supplies a criterion for distinguishing permissible technological assistance from arrangements that undermine the judge's effective exercise of adjudicative authority.

In this regard, drawing on legal doctrine and case law, Fontes (2021, p. 420) associates the natural judge guarantee with adjudication by a competent, impartial, independent, and duly appointed judge. He argues that a computer program cannot occupy that institutional position and should therefore not receive the power to decide cases in substitution for duly appointed human judges. This argument provides a basis for the distinction adopted in this research between technological capability and constitutional authority: performing tasks involving legal information does not, in itself, confer jurisdiction. Applied to AI-assisted adjudication, this distinction requires attention to the functions effectively performed by the competent judge. The interpretation advanced here is that the constitutional guarantee would be undermined if the judge remained formally responsible for the proceedings while the assessment determining their outcome escaped meaningful judicial scrutiny.

Fontes (2021, pp. 420-421) reinforces this concern when discussing the episode described in his study: he argues that validation by a magistrate through a single click does not alter his assessment that the decisions were effectively delivered by a computer program. His criticism provides a basis for examining whether formal approval adequately demonstrates the exercise

of judicial judgment. Building on this argument, the present research proposes that meaningful judicial control requires an actual opportunity to examine factual premises, verify relevant legal grounds, and reject algorithmic recommendations. These requirements are analytical developments of this study. Their practical effectiveness depends on the conditions under which technological outputs are reviewed: a judge authorised to depart from a recommendation must also possess the information and practical capacity necessary to assess it. The constitutional inquiry therefore encompasses the relationship between judicial responsibility and the effective exercise of the evaluative functions supporting the decision.

Araujo and Armando (2025, pp. 13-14) provide a complementary perspective by examining judicial substitution through philosophical pragmatism. Their concluding analysis considers the practical consequences of technological innovation and emphasises contextual interpretation, critical judgment, and ethical assessment. Although they acknowledge the usefulness of AI in supporting judicial activity, they maintain that, at the technological stage discussed in their article, it cannot replace the natural judge. Building on these conclusions, the present research connects the institutional dimension of jurisdiction with the substantive demands of adjudication. Preserving judicial authority consequently requires engagement with the particular circumstances of the dispute, including arguments that challenge an apparently applicable pattern. Within the interpretation developed here, the judge must remain capable of independently assessing whether a suggested solution adequately addresses the legal and factual issues presented by the parties.

Thus, Araujo and Armando (2025, p. 11) also discuss how biased training data may reproduce historical discrimination and inequalities in algorithmic outputs. Their analysis of transparency further emphasises interpretability and auditability as conditions enabling affected parties to understand and challenge decisions (Araujo & Armando, 2025, p. 12). These concerns provide a basis for the procedural interpretation of the natural judge principle advanced in this research, alongside due process and effective participation. The resulting proposition is that judicial oversight must encompass objections concerning algorithmic contributions whenever they materially influence the grounds of judgment. This examination also distinguishes technical explanation from judicial justification: understanding how a system operates does not itself establish the legal adequacy of its recommendation in a particular dispute. The judge must therefore assess the relevance and reliability of the output and provide reasons connecting the applicable law, the evidence, and the parties' arguments to the adopted conclusion.

Accordingly, Amaral and Brasil (2021, p. 33) examine the natural judge principle through the relationship between lawful jurisdiction, impartiality, and judicial independence. Drawing on constitutional provisions and legal doctrine, they explain that the authority competent to hear and determine a dispute derives from constitutional and statutory rules, which establish the legitimate connection between the judge and the case. Their analysis provides a basis for examining how technological arrangements affect the exercise of legally allocated powers. The inference advanced in this research is that adopting an AI system within a court does not itself establish the compatibility of its functions with that allocation. Particular scrutiny is therefore required when a system influences the selection of legally relevant facts, the identification of applicable legal authorities, or the evaluation of competing arguments. Such contributions may shape the outcome even where the system does not formally issue the final decision.

In this context, Amaral and Brasil (2021, p. 35) argue that the application of AI to the preparation and reasoning of judicial decisions infringes the natural judge principle because, in their assessment, impartiality and competence, which presuppose judicial independence, are not secured. They also emphasise that this principle protects citizens and reject the substitution of the judge by systems they consider unable to assess the particular circumstances of individual cases. Their conclusion presents a substantive challenge to the hypothesis developed in this paper: any claim that AI assistance is constitutionally admissible must demonstrate how effective judicial authority is preserved throughout the decision-making process. Building on this challenge, the present research investigates safeguards for independent judicial assessment. The proposed inquiry considers whether the judge can identify deficiencies in technological outputs, evaluate alternative interpretations, and respond independently to the particularities of the dispute.

In sum, the studies reviewed identify interconnected concerns involving lawful jurisdiction, contextual judgment, impartiality, and the possibility of understanding and contesting judicial decisions (Amaral & Brasil, 2021, pp. 33, 35; Araujo & Armando, 2025, pp. 11-14; Fontes, 2021, pp. 420-421). Although these authors differ in their assessment of permissible technological assistance, their contributions provide a basis for examining the retention of effective adjudicative authority. Building on this literature, the present research proposes that the compatibility of AI assistance should be assessed through the judge's capacity to scrutinise relevant outputs, exercise independent judgment, address the parties' objections, and provide legally sufficient reasons. These criteria constitute the analytical framework advanced by this examination. They require human involvement to be evaluated according to the functions

actually exercised and the opportunities available for procedural surveillance. The preliminary normative proposition is therefore that AI assistance may be constitutionally defensible only where technological contributions remain subject to effective judicial assessment and meaningful participation by the parties.

This constitutional framework provides the basis for examining human oversight and algorithmic accountability in the next subsection. The initial text of Draft Bill No. 4/2025 offers a relevant legislative connection through proposed Article 2.027-AL item II, which lists transparency, auditability, explainability, traceability, human oversight, and governance among the conditions to be guaranteed in the development of AI systems (Brazilian Federal Senate, 2025, p. 214). These proposed provisions introduce safeguards within the broader framework of digital civil law, whose implications for adjudication require specific constitutional analysis. The next subsection therefore examines their contribution and limitations, considering how general requirements concerning AI systems could inform judicial practice while preserving independent assessment, effective procedural participation, and the constitutional allocation of adjudicative authority.

3. HUMAN OVERSIGHT AND ALGORITHMIC ACCOUNTABILITY: THE CONTRIBUTION AND LIMITS OF DRAFT BILL NO. 4/2025.

Meaningful human oversight requires conditions under which judges and parties can understand and scrutinise algorithmic contributions to adjudication. Pádua and Lorenzetto (2024, p. 358) explain that explainability in a broad sense encompasses both interpretability, directed towards professionals with relevant technical knowledge, and explainability in a strict sense, intended for people without specialised knowledge of AI. Their discussion also recognises that the information and explanations provided may vary according to their intended audience. Applied to this research, this distinction supports the proposition that explanations should enable the competent judge to assess the relevance and limitations of an algorithmic recommendation and allow the parties to understand its material contribution to the proceedings. The analytical implication developed here is that information about the system should support informed judicial assessment and effective procedural participation.

Thusly, Pádua and Lorenzetto (2024, p. 364) further argue for recognising explainability as a fundamental right, associating it with the obligation of public authorities to provide clear and comprehensible information about the criteria and procedures used by AI systems. Their approach connects explanation with the justification and contestation of state decisions. A legislative point of connection appears in proposed Article 2.027-AM of Draft Bill No. 4/2025.

This provision would grant natural persons who interact with AI systems through interfaces, or suffer harm from the operation of such systems or equipment, a right to information about those interactions, the general operating model, and automated decision criteria where the decision directly influences access to or exercise of rights, or significantly affects their economic interests (Brazilian Federal Senate, 2025, p. 214). The procedural implications for adjudication require further specification. The proposition advanced by this research is that relevant information should become available in time for the parties to raise objections and for the judge to address them before relying on the contested algorithmic contribution.

Mendes and Mattiuzzo (2019, p. 51) explain that a classification may be unjust even when it is statistically consistent. Their analysis encompasses situations in which individuals are assessed as members of a group without adequate consideration of their individual circumstances. For the present research, this distinction is relevant to the natural judge principle because the apparent reliability of a statistical association does not, by itself, establish its legal appropriateness for deciding a particular dispute. Proposed Article 2.027-AL, item I addresses non-discrimination in relation to decisions, data use, and AI-based processes (Brazilian Federal Senate, 2025, p. 214). Drawing on the authors' analysis, this investigation interprets that safeguard as requiring analysis of the relationship between algorithmic classifications and the legally relevant circumstances of the case. Judicial oversight should consequently include the capacity to identify when a generalised prediction obscures individual evidence or introduces an unjustified differentiation.

Moreover, Mendes and Mattiuzzo (2019, p. 60) also emphasise that the human role in automation extends throughout the design of algorithmic mechanisms, including the formation and preparation of the teams responsible for developing them. Their conclusion supports an understanding of oversight encompassing both system design and the review of automated decisions. Applied to judicial institutions, this perspective provides a basis for examining how systems are selected, configured, evaluated, and used, alongside the examination performed by the individual judge. The safeguards proposed in this research therefore include documented evaluation of systems, appropriate professional training, records of material algorithmic contributions, and procedures for identifying and correcting errors. These proposed measures seek to operationalise the transparency, auditability, explainability, traceability, human oversight, and governance contemplated by proposed Article 2.027-AL, item II (Brazilian Federal Senate, 2025, p. 214). Their purpose is to establish conditions in which judicial independence can be exercised effectively throughout the use of the technology.

Brasil (2026, p. 117) examines the proposed AI provisions as part of an integrated framework for protecting personality rights and subjecting technological systems to inspection and responsibility. His analysis connects explainability, auditability, traceability, and human oversight with the identification of those answerable for the operation of AI systems. This connection is reinforced by proposed Article 2.027-AL, item IV, which provides for attributing civil liability to a natural or legal person in the digital environment according to the principle of full reparation of harm (Brazilian Federal Senate, 2025, p. 214). For the present research, this provision highlights the need to distinguish responsibility for developing and operating a system from the judge's responsibility for the reasoning adopted in a particular dispute. The proposed civil law framework supplies a basis for examining these relationships, while their application to judicial activity requires attention to the relevant institutional and procedural rules.

Likewise, Brasil (2026, pp. 121-122) also emphasises the limitations of general regulatory provisions, arguing that effective protection depends on systematic interpretation with the Constitution and on institutional, technical, and procedural mechanisms capable of enabling control, contestation, and accountability. This qualification is central to the present analysis. The initial text of Draft Bill No. 4/2025 offers safeguards that can inform judicial governance, but their enumeration does not demonstrate that a particular use of AI preserves the natural judge principle. The hypothesis developed in this research requires an assessment of whether the competent judge can examine and reject recommendations, whether the parties can contest their material influence, and whether the resulting decision remains independently reasoned. The draft bill's contribution therefore lies in providing general standards whose translation into judicial practice must preserve effective adjudicative authority and the procedural guarantees governing its exercise.

In addition, Brasil (2026, p. 118) argues that civil liability in the digital environment must incorporate a preventive function, particularly where AI systems may affect personality rights, privacy, equality, and informational autonomy. His analysis recognises that harm may arise from automated processes, algorithmic decisions, and digital architectures that influence behaviour. Building on this preventive approach, the present research proposes that judicial institutions assess foreseeable risks before adopting AI systems and reassess them when their functions or conditions of use change. Such assessment should consider the reliability of information, the possibility of unjustified classifications, and potential obstacles to effective procedural participation. Where a material algorithmic contribution cannot be adequately

examined, its use should be reconsidered until sufficient conditions for audit are established. These proposals apply the author's broader argument to judicial governance, connecting the prevention of harm with the preservation of independent adjudicative authority.

Brasil (2026, p. 119) further explains that reparation in the digital environment extends beyond its patrimonial dimension, encompassing the restoration of dignity, identity, and informational autonomy. This argument appears in his examination of the protection of persons contemplated by proposed Article 2.027-I of Draft Bill No. 4/2025. Drawing on that perspective, the present examination argues that responses to algorithmic harm in adjudication should address its procedural consequences as well as any compensable loss. Depending on the circumstances, appropriate safeguards may include opportunities to correct inaccurate information, challenge algorithmic inferences, and seek judicial reassessment through the applicable procedural mechanisms. These measures constitute proposals developed by this research, rather than remedies specifically enumerated by Brasil (2026). They connect the preventive and reparative dimensions of digital civil protection with the central concern of this subsection: ensuring that algorithmic accountability supports effective judicial assessment and meaningful participation by the parties.

4. CONCLUDING REMARKS.

This research addressed its general objective by assessing the compatibility of AI-assisted judicial activity with the guarantees established by Brazil's Federal Constitution of 1988. The analysis indicates that constitutional compatibility depends on the preservation of effective adjudicative authority, independent assessment, and meaningful procedural participation. Regarding the research problem, formal attribution of a decision to the competent judge does not sufficiently protect the natural judge principle when algorithmic contributions materially influence its content without adequate review. The constitutional inquiry must therefore consider how the decision was assessed and justified, including the treatment of objections raised by the parties.

The findings support the working hypothesis as a provisional normative proposition: meaningful human control is necessary to preserve the constitutional legitimacy of AI-assisted adjudication. Such control requires the practical capacity to examine factual premises, assess legal relevance, recognise limitations, and reject unsupported recommendations. Transparency must also enable the parties to understand and challenge material algorithmic contributions. These conditions provide criteria for evaluating technological assistance, although their

identification does not establish that any particular system or institutional arrangement satisfies them in practice.

The specific objectives were addressed through the identification of safeguards protecting lawful jurisdiction, independent judicial assessment, reasoned decisions, and procedural participation, alongside an examination of Draft Bill No. 4/2025. Its initial digital civil law provisions offer relevant standards concerning non-discrimination, explainability, auditability, traceability, human oversight, and accountability. Their contribution to judicial governance nevertheless depends on constitutional interpretation and procedural specification. General civil law safeguards do not automatically determine the admissibility of particular judicial uses, and technical explanations cannot independently fulfil the duty to justify the resolution of a dispute.

The hypothetical-deductive method was important in structuring the examination of the proposed relationship between meaningful human control and constitutional compatibility. It enabled the hypothesis to be critically assessed against constitutional guarantees and scholarly arguments, including positions restrictive of judicial automation. Bibliographical research clarified the conceptual tensions surrounding technological assistance, while documentary analysis established the normative content of the Federal Constitution of 1988 and the draft bill's initial text. Systematic interpretation connected these materials and supported the development of criteria extending beyond formal judicial authorship.

The conclusions remain limited by the investigation's normative scope. No empirical assessment of specific AI systems, judicial practices, or the effectiveness of institutional safeguards was undertaken. The research therefore cannot establish how frequently algorithmic influence compromises independent judgment or whether the proposed measures effectively prevent such outcomes. The provisional character of Draft Bill No. 4/2025 further limits conclusions about its eventual regulatory effects. Future empirical investigation should examine how judges review recommendations, how parties contest their influence, and how institutions identify and correct failures.

Based on these findings, judicial institutions should develop documented procedures for evaluating systems before adoption and reassessing them when their functions or conditions of use change. Professional training, records of material algorithmic contributions, and mechanisms for investigating errors should support the effective exercise of judicial responsibility. Uses that cannot be adequately scrutinised should be reconsidered until sufficient conditions for assessment and accountability are established.

At the procedural level, relevant information should be available in time for the parties to challenge algorithmic contributions before judicial reliance upon them. Judges should independently address those objections and explain how the evidence, applicable law, and circumstances support the outcome. Opportunities to correct inaccurate information and seek reassessment through applicable procedural mechanisms should complement preventive safeguards. The natural judge principle thus remains a substantive constitutional safeguard in the age of AI: technological assistance must preserve the competent judge's effective authority and the parties' ability to participate in and challenge adjudication.

5. BIBLIOGRAPHY:

Amaral, C. F., & Brasil, D. R. (2021). The use of technologies in the Brazilian judiciary: An analysis of the implementation of AI to replace the natural judge. In E. G. J. Flores Filho, L. M. e C. Lage, & J. L. de M. Faleiros Júnior (Eds.), *Artificial intelligence, startups, lawtechs and legaltechs*, (pp. 30-37), 12th RECAJ-UFMG Congress, Federal University of Minas Gerais (UFMG). https://site.conpedi.org.br/publicacoes/f0d20hl5/f2g6y80u/ajOn4e233UIGWic8.pdf.

Araujo, C. von O. de, & Armando, C. F. dos S. (2025). On the (im)possibility of replacing judges with artificial intelligence applications: An analysis from the perspective of pragmatism. *Cognitio: Revista de Filosofia*, 26(1), Article e69585. https://doi.org/10.23925/2316-5278.2025v26i1:e69585.

Brasil, D. R. (2026). Algorithmic governance and digital civil law: Challenges in the regulation of artificial intelligence under Draft Bill No. 4/2025. In C. I. de Oliveira & V. M. do Carmo (Eds.), *Law, governance and new technologies II*, (pp. 107-124), CONPEDI. https://site.conpedi.org.br/publicacoes/4lbcgdye/nahn2199/U7y9f2bLbbttqMfx.pdf.

Brazil. (1988). Constitution of the Federative Republic of Brazil of 1988. *Official Gazette of the Union*, October 5, 1988. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm

Brazil. Federal Senate. (2025). Draft Bill No. 4/2025: Provides for the updating of Law No. 10,406, of January 10, 2002 (Civil Code), and related legislation. *Federal Senate*. https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9889356&disposition=inline.

Fontes, M. (2021). Artificial intelligence and the natural judge guarantee. In B. Barata, L. Almeida, & L. Frota (Eds.), *Essays on digital transformation in law: Studies in honour of Justice Kássio Nunes Marques*, (pp. 417-421). OAB Editora. https://www.oab-ro.org.br/gerenciador/data/uploads/2021/06/ENSAIOS-SOBRE-A-TRANSFORMAC%CC%A7A%CC%83O-DIGITAL-NO-DIREITO-ESTUDOS-EM-HOMENAGEM-AO-MINISTRO-KA%CC%81SSIO-NUNES-MARQUES.pdf.

Mendes, L. S., & Mattiuzzo, M. (2019). Algorithmic discrimination: Concept, legal basis, and typology. *Direito Público*, 16(90), 39-64. https://www.portaldeperiodicos.idp.edu.br/direitopublico/article/view/3766.

Pádua, S. R. de, & Lorenzetto, B. M. (2024). The fundamental right to explainability of artificial intelligence applied in state decision-making. *Revista da AGU*, 23(2), 349-371. https://doi.org/10.25109/2525-328X.v.23.n.02.2024.3480.

PROBABILITY AND NON-PROBABILITY SAMPLING TECHNIQUES IN COMMUNICATION RESEARCH: PRINCIPLES, APPLICATIONS AND METHODOLOGICAL IMPLICATIONS

Wubon Hebrews Isaac
Department of Mass Communication, Taraba State University, Jalingo, Nigeria
Dr Ubong Andem Obong
Department of Mass Communication, Taraba State University, Jalingo, Nigeria Email: ubongandems@gmail.com Orcid ID: https://orcid.org/0000-0003-1538-0512
Dr Oberiri Destiny Apuke
Department of Mass Communication, Taraba State University, Jalingo, Nigeria Email: apukedestiny@gmail.com Orcid ID: htpps://orcid.org/0000-0002-7657-4858
Dr Peter Iorper Ugondo
Department of Mass Communication, Taraba State University, Jalingo, Nigeria Email: peter.ugondo@tsuniversity.edu.ng Orcid ID: https://orcid.org/0000-0003-4784-8888

ABSTRACT

Sampling is central to the validity, reliability, and generalisability of empirical communication research. This conceptual narrative review synthesises methodological and communication research literature on probability and non-probability sampling. Sources were selected for methodological relevance, disciplinary applicability, and publication quality. It explains both families of methods, outlines their typologies, and assesses their suitability across research settings. Probability methods (simple random, systematic, stratified, cluster, and multistage sampling) rest on randomisation, whereby each population element has a known, non-zero probability of selection, enabling statistical inference and generalisation. Non-probability methods (convenience, purposive, quota, snowball, and consecutive sampling) depend on researcher judgement and accessibility; they offer practical advantages for exploratory and qualitative studies but limit external validity. The reviewed literature suggests that non-probability sampling is widely used in communication research, including in African contexts, where resource constraints, limited sampling frames, and the qualitative orientation of many studies are cited as contributing factors, although the African evidence rests on few studies. Rather than ranking sampling approaches in a rigid hierarchy, the review argues that methodological choice should be guided by fitness for purpose, and it offers a decision guide to support that choice. It also argues that digital and social media research calls for methodological innovation beyond the conventional probability/non-probability distinction. Transparent reporting of sampling procedures, stronger methodological training, and contextual sensitivity are needed to strengthen

the rigour and credibility of communication research. Implications for researchers, journal editors, and methodological instructors are discussed.

Keywords: probability sampling, non-probability sampling, communication research, methodological implications, generalisability, sample design, digital communication research

1. INTRODUCTION

The choice of sampling technique is among the most consequential decisions a researcher makes, directly shaping the inferential scope, validity, reliability, and credibility of research findings (Lohr, 2019). In communication research, where scholars investigate audience behaviours, media effects, message construction, and communication patterns, sampling decisions assume particular significance given the discipline's dual character as both a social science and a humanities-oriented field (Wimmer & Dominick, 2011).

Communication studies encompasses quantitative inquiries that seek generalisable regularities in communication behaviour and qualitative investigations that explore the meanings people attach to mediated experiences. Both traditions therefore require a range of sampling practices. Floyd et al. (2023) note that samples in communication research are frequently criticised as small and unrepresentative, and their analysis of four leading journals found that more than 70% of samples were recruited exclusively from the United States. Such patterns limit the external validity of findings and the discipline's capacity to generate knowledge applicable to diverse global populations (Henrich et al., 2010).

Probability sampling, grounded in probability theory, is the benchmark for generalisable research, allowing researchers to calculate sampling error, construct confidence intervals, and make valid inferences about populations from samples (Etikan et al., 2016; Stratton, 2023). However, it is often logistically and financially demanding, and it is methodologically inappropriate for some research questions, particularly those of an exploratory, descriptive, or interpretive nature (Vehovar et al., 2016). Non-probability sampling, on the other hand, offers flexibility, cost-effectiveness, and practical expediency, but at the cost of statistical generalisability and with greater susceptibility to researcher bias (Mulisa, 2022).

This review synthesises the methodological literature on sampling and, drawing on that synthesis, proposes a context-sensitive decision guide for selecting sampling strategies in communication

research (Table 1). The guide takes into account inferential goals, population accessibility, digital platform conditions, and resource constraints.

The objectives of the review are: (1) to explain the theoretical principles underpinning each sampling paradigm; (2) to examine the applications and suitability of sampling techniques across diverse communication research contexts; and (3) to evaluate the methodological implications of sampling choices for the validity, reliability, and generalisability of communication research findings.

The review is significant because it offers practical guidance for communication researchers navigating sampling decisions, particularly in resource-constrained environments. It provides a structured exposition of concepts, an examination of probability and non-probability techniques, a synthesis of available evidence on sampling practices in communication research, and a discussion of methodological implications. The remainder of the article is organised as follows: Section 2 describes the review approach; Section 3 sets out the conceptual foundations and typologies of sampling; Sections 4 to 6 examine sampling practice in communication research, qualitative sampling, and sampling in digital contexts; Section 7 discusses methodological implications; and Section 8 concludes with recommendations.

2. REVIEW APPROACH

This article is a conceptual narrative review rather than a systematic review. It draws on methodological texts and journal articles on probability and non-probability sampling, together with studies of sampling practice in communication research. Sources were selected for their methodological relevance, disciplinary applicability, and publication quality. Because the review is narrative in design, it does not claim to be exhaustive. The evidence it synthesises on sampling practice, particularly in African contexts, rests on a limited number of studies, and its conclusions should be read as indicative rather than definitive.

3. LITERATURE REVIEW

3.1 POPULATION, SAMPLE, AND SAMPLING

A population (or target population) is the complete set of elements, such as individuals, objects, events, or phenomena, about which a researcher wishes to draw conclusions (Lohr, 2019). In communication research, populations may comprise media audiences, journalists, communication

students, social media users, or media texts and messages, depending on the research question. The population is defined by the researcher's theoretical interests and operationalised through inclusion and exclusion criteria that specify which elements belong to it (Groves et al., 2009).

A sample is a subset of the population selected for participation in a study (Stratton, 2023). The fundamental purpose of sampling is to enable valid inferences about the population without studying every element, thereby conserving time, money, and effort (Etikan et al., 2016). As Stratton (2023) puts it, "the intent of sampling is to select study subjects that represent the entire study target population" (p. 147). The extent to which a sample achieves this representativeness determines the researcher's ability to generalise findings from the sample to the population, a property known as external validity (Baran, 2004).

Sampling is therefore the process by which elements are selected from the population to constitute a sample (Wimmer & Dominick, 2011). It typically involves defining the target population, constructing or identifying a sampling frame (a list of all elements in the population), selecting a sampling technique, determining sample size, and implementing the sampling plan (Rahman et al., 2022). Each stage involves methodological decisions that cumulatively influence the quality and credibility of findings.

The sampling frame is the operational list from which sample units are actually selected (Groves et al., 2009, p. 69). In communication research, sampling frames may be readily available (e.g., membership lists of professional journalism associations) or difficult to construct (e.g., populations of social media users, individuals exposed to specific media content, or residents of conflict-affected regions).

Lohr (2019) identifies several dimensions along which sample quality can be evaluated. Representativeness is the degree to which sample characteristics mirror those of the population. Sampling error is the difference between sample statistics and population parameters, which arises inevitably from observing only a subset of the population (Stratton, 2023). Sampling bias, by contrast, is systematic error introduced by non-random selection procedures or other methodological flaws, and it cannot be reduced by increasing sample size (Mulisa, 2022). Understanding these distinctions is essential for judging the appropriateness of different techniques in specific research contexts.

3.2 THEORY OF PROBABILITY SAMPLING

Probability sampling is grounded in probability theory and statistical inference. Its defining characteristic is that every element in the population has a known, non-zero probability of selection (Kish, 1965; Stratton, 2023). This is achieved through randomisation, a process analogous to a lottery draw, in which selection probabilities determine which elements enter the sample (Vehovar et al., 2016). Randomisation removes researcher discretion from the selection of elements and supplies the mathematical foundation for statistical inference by generating a known sampling distribution (Kim, 2022).

Cochran (1977) emphasised that randomisation ensures that, on average, samples are representative of the population, with deviations attributable to chance rather than systematic bias. Probability sampling also permits the calculation of the standard error of estimates, which quantifies the precision of sample statistics and allows researchers to construct confidence intervals around them (Lohr, 2019; Stratton, 2023). A known sampling distribution supports hypothesis testing and inference about populations with quantified levels of confidence (Cochran, 1977; Lohr, 2019). These properties make probability sampling essential for quantitative research that aims at generalisable findings.

Probability sampling nonetheless has limitations. Vehovar et al. (2016) acknowledge that probability samples are susceptible to non-response bias when selected individuals decline to participate, potentially producing systematic differences between respondents and non-respondents. Implementation also requires a complete and accurate sampling frame, which may be unavailable or prohibitively expensive to construct (Baker et al., 2013). In communication research, populations such as social media users, people exposed to specific media messages, or residents of conflict-affected areas may lack adequate sampling frames, making strict probability sampling infeasible (Ayih et al., 2023; Targema, 2019).

3.3 TYPOLOGIES OF PROBABILITY SAMPLING TECHNIQUES

Probability sampling encompasses several techniques, each with distinct procedures, advantages, and limitations. The choice among them depends on research objectives, population characteristics, available resources, and the existence and quality of sampling frames.

Simple Random Sampling

According to Cochran (1977), simple random sampling (SRS) is the conceptual foundation of probability sampling: each possible sample of size n has an equal probability of selection. It is typically implemented with random number generators or lottery methods applied to a sampling frame. SRS serves as the benchmark against which other probability designs are commonly compared (Cochran, 1977; Lohr, 2019) because it removes researcher discretion from selection. It does not, however, protect against frame undercoverage or non-response bias.

Systematic Sampling

Systematic sampling selects every kth element from an ordered sampling frame after a random start, where k is the sampling interval, that is, the population size divided by the intended sample size (Cochran, 1977). It is simpler to implement than SRS but is vulnerable to periodicity. Elfil and Negida (2017) caution that the sampling frame should be scrutinised before implementation, because hidden periodicity can compromise representativeness.

Stratified Sampling

Stratified sampling divides the population into mutually exclusive, exhaustive subgroups (strata) based on known characteristics and then samples independently within each stratum (Cochran, 1977). It ensures adequate representation of important subgroups and can reduce sampling error when strata are internally homogeneous (Lohr, 2019).

Cluster Sampling

Kish (1965) describes cluster sampling as the selection of groups (clusters) of elements rather than individual elements, which avoids the need for a complete list of individuals. Clustering typically increases sampling variance because elements within a cluster tend to be more alike than elements drawn at random from the population; this is quantified by the intraclass correlation coefficient (Thompson, 2012).

Multistage Sampling

Levy and Lemeshow (2013) describe multistage designs as combining several sampling methods across hierarchical stages, which allows a balance between statistical efficiency and practical feasibility. Such designs require specialised variance estimation techniques (Wolter, 2007).

3.4 NON-PROBABILITY SAMPLING

Non-probability sampling is particularly valuable in exploratory and qualitative research and where probability sampling is infeasible because of the absence of sampling frames, resource constraints, or the hidden nature of the population (Saunders et al., 2023). It relies on researcher judgement, convenience, or self-selection to determine which elements are included (Etikan et al., 2016). Vehovar et al. (2016) define non-probability sampling by the absence of a probability sampling mechanism (p. 329).

The logic of non-probability sampling varies by technique. Patton (2015), for example, argues that the logic of purposeful sampling lies not in statistical generalisation but in in-depth understanding and theoretical insight.

3.5 TYPOLOGIES OF NON-PROBABILITY SAMPLING TECHNIQUES

Non-probability sampling encompasses several techniques, each with distinct procedures, rationales, and limitations. The choice among them depends on research objectives, population characteristics, accessibility, and the researcher's judgement about the most appropriate approach for the research context.

Convenience Sampling

Convenience sampling involves selecting elements that are readily accessible to the researcher (Dörnyei, 2007); the main selection criterion is ease of access (Etikan et al., 2016). It is characterised by simplicity, cost-effectiveness, and practical expediency, and it is the most widely used non-probability method in communication research (Floyd et al., 2023). Examples include surveying students in a lecture hall, distributing questionnaires to pedestrians in a shopping mall, or administering surveys through social media platforms.

Convenience sampling has been used extensively in communication research, particularly in experimental studies and studies of media use among students (Erba et al., 2018; Floyd et al., 2023). However, heavy reliance on convenience samples, particularly of undergraduate students, is widely identified as a limitation of the field (Erba et al., 2018; Floyd et al., 2023).

Purposive Sampling

Purposive sampling, also called judgemental, selective, or subjective sampling, involves the deliberate selection of elements for their relevance to the research question, the researcher's

knowledge of the population, and explicit inclusion criteria (Patton, 2015; Tajik et al., 2024). Unlike convenience sampling, which selects on accessibility, purposive sampling selects on information richness and relevance to the research objectives (Palinkas et al., 2015). It is nevertheless vulnerable to researcher bias, because case selection depends on judgement that may be shaped by conscious or unconscious preferences (Marshall, 1996), and it lacks statistical generalisability because the sample is not representative in a statistical sense (Etikan et al., 2016; Tajik et al., 2024).

Within communication research, purposive sampling is commonly used in qualitative designs. Targema (2019), for instance, used purposive sampling, supplemented by other techniques discussed below, to select 11 stakeholders, including traditional rulers, religious leaders, security agency representatives, and leaders of socio-cultural associations, for a study of social media use in managing ethno-religious conflicts in Taraba State, Nigeria. The purposive selection ensured that participants had relevant experience of conflict management in the state. Similarly, Ayih et al. (2023) used purposive sampling to select 60 communication lecturers, reviewers, and editors for a study of the challenges of conducting and publishing communication research in Taraba State.

Quota Sampling

Quota sampling specifies target numbers of cases from population segments and fills the quotas by non-probability means (Moser & Kalton, 1972). The researcher identifies relevant population characteristics (e.g., gender, age, education, region), sets quotas that reflect their distribution in the population, and recruits participants non-randomly until the quotas are filled (Bhardwaj, 2019). Its advantage is that it secures representation of important segments without a complete sampling frame or random selection (Etikan et al., 2016). Selection within quotas nevertheless remains non-random and subject to researcher judgement, which can introduce subtle biases (Groves et al., 2009).

Quota sampling is commonly associated with opinion polling and with market and audience research (Moser & Kalton, 1972). Said Pace (2021) illustrates its use in an educational context in Malta, where quotas ensure representation of educators from the state, church, and independent school sectors in proportion to the distribution of students across those sectors. Djennad and Djellouli (2025) describe quota sampling as a technique in which researchers pre-plan the number of participants in specified categories and select the sample according to fixed quotas.

Snowball Sampling

Snowball sampling, also known as chain-referral sampling, uses initial participants (seeds) to recruit further participants from their networks, so that the sample grows in a chain-like manner (Atkinson & Flint, 2001; Creswell & Creswell, 2023). It is particularly valuable for hidden or hard-to-reach populations, such as homeless individuals, migrant workers, drug users, or members of marginalised communities, who are difficult to identify through conventional methods (Bhardwaj, 2019; Etikan et al., 2016). Its advantages include access to hidden populations, cost-effectiveness, and the capacity to draw on social networks to build trust and rapport (Etikan et al., 2016). However, it is highly susceptible to selection bias, because participants tend to refer people similar to themselves, producing homogeneous samples (Stratton, 2023).

Snowball recruitment has also been adapted to online settings; Baltar and Brunet (2012) describe a virtual snowball method using Facebook. In communication research, snowball sampling is well suited to studies of communication practices in hidden or marginalised communities and of sensitive topics. Targema (2019) combined snowball sampling with purposive sampling to reach stakeholders involved in conflict management in Taraba State, using the networks of initial participants to reach additional respondents.

Consecutive Sampling

Consecutive sampling involves selecting every accessible individual who meets the inclusion criteria, usually over a defined period, until the required sample size is reached (Elfil & Negida, 2017). It is similar to convenience sampling (Bhardwaj, 2019; Makwana et al., 2023) but more systematic, because eligible cases are taken in sequence rather than chosen according to ease of access. Reported advantages include cost-effectiveness and time efficiency (Bhardwaj, 2019). Because selection is non-random, it remains subject to selection bias. The sources reviewed here describe it mainly in clinical and health research and do not discuss communication-specific applications.

4. SAMPLING PRACTICES IN COMMUNICATION RESEARCH: EMPIRICAL EVIDENCE

Empirical investigations of sampling practice in communication research reveal clear patterns and persistent challenges. Floyd et al. (2023) examined 1,264 empirical studies reporting data from human subjects, published between 2010 and 2019 in four leading journals (*Communication*

Monographs, *Communication Research*, *Human Communication Research*, and *Journal of Communication*), representing a total of 932,060 participants. Ninety-four countries were represented in the samples, but more than 70% of samples were recruited exclusively from the United States.

Convenience sampling predominates. Floyd et al. (2023) report that 68.3% of studies employed convenience sampling, followed by inclusion/exclusion criterion-oriented sampling (24.6%), with only 7.1% using random or census-matched sampling. Consistent with this, Erba et al. (2018), in a census of 1,173 U.S.-based survey and experimental studies published between 2000 and 2014 in six mass communication journals, found that most used non-probability samples (82.6%) and that more than half relied on student samples. These findings have significant implications for the external validity of communication research and the credibility of the discipline's knowledge claims, although both studies concern journal-published, U.S.-centred research and may not reflect practice elsewhere.

In African communication research, sampling practices are shaped by contextual factors including resource constraints, inadequate research infrastructure, and the absence of comprehensive sampling frames (Ayih et al., 2023; Saani et al., 2026). Saani et al. (2026) examined the perceptions of Communication Studies students at the University for Business and Integrated Development Studies (UBIDS), Ghana, regarding probability and non-probability sampling. They found that conceptual knowledge of probability sampling was generally adequate but that practical application was constrained by difficulties in constructing sampling frames, uncertainty about sample size determination, and limited resources. Non-probability sampling was widely practised, often without explicit methodological justification, a finding that echoes the observation by Groves et al. (2009) that the lack of a transparent sampling rationale undermines the credibility of empirical research.

Ayih et al. (2023) investigated the challenges of conducting and publishing communication research in selected tertiary institutions in Taraba State, Nigeria. They found that research in Nigerian universities is often driven by promotion requirements rather than a desire to solve practical communication problems, a phenomenon captured by the "publish or perish" syndrome. They also identified poor funding as a major challenge, noting that the government has not prioritised research funding. These contextual factors plausibly lead researchers to adopt non-

probability techniques out of necessity rather than methodological preference, although the studies reviewed here do not test that link directly.

Targema (2019) provides an illustrative example of sampling in a qualitative communication project. In a study of social media use for managing ethno-religious conflicts in Taraba State, Nigeria, Targema combined purposive, snowball, and convenience approaches to select 11 stakeholders from a population of unknown size, owing to the absence of a database. The study also applied qualitative content analysis to Facebook posts, with accessible content selected by convenience. This illustrates the practical difficulty of sampling in developing contexts, where comprehensive sampling frames are often unavailable and researchers must adapt their strategies to the research environment.

Djennad and Djellouli (2025) discuss probability sampling techniques in media and communication research, illustrating the application of simple random, systematic, and stratified sampling in Algerian university contexts. Their work shows that probability sampling is feasible in communication research when adequate sampling frames and resources exist, while acknowledging the difficulty of obtaining accurate frames and the resource intensity of probability procedures.

These African examples rest on a small number of studies, one of which is a master's dissertation. The patterns they suggest should therefore be treated as indicative rather than representative of African communication research as a whole.

5. SAMPLING IN QUALITATIVE COMMUNICATION RESEARCH

In qualitative inquiry, the goal is typically to understand phenomena in depth, to capture the perspectives and experiences of participants, and to generate theoretical insight (Creswell & Creswell, 2023). Qualitative researchers therefore prioritise information richness over statistical representativeness, selecting participants who can give detailed and nuanced accounts of the phenomenon under investigation (Patton, 2015).

Purposive sampling is widely regarded as the most commonly used approach in qualitative research (Palinkas et al., 2015). Variants such as maximum variation sampling, critical case sampling, and snowball sampling allow researchers to explore diverse perspectives, examine pivotal cases, and reach hidden populations (Tajik et al., 2024). In communication research, these

strategies can support studies of media production, audience reception, online communities, marginalised populations, organisational communication, and communication practices in naturalistic settings.

Qualitative researchers should specify the eligibility criteria, the recruitment route, the rationale for sample size, and the basis for judging adequacy or saturation. Malterud et al. (2016), for example, propose that the sample size needed in interview studies depends on the "information power" of the sample, which varies with the study aim, the specificity of the sample, the use of established theory, the quality of dialogue, and the analysis strategy.

6. SAMPLING IN THE DIGITAL AGE: EMERGING CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

The proliferation of digital and social media has created new challenges and opportunities for sampling in communication research. Digital platforms generate large volumes of data, such as posts, interactions, browsing histories, and algorithmic outputs, that offer unprecedented opportunities for studying communication phenomena; Targema (2019), for example, analysed Facebook posts. Sampling digital data nonetheless presents distinctive methodological challenges. Digital populations are fluid and dynamic and often lack comprehensive sampling frames; users may create multiple accounts, conceal their identities, or migrate between platforms (Vehovar et al., 2016). Platform algorithms that shape which content and users are visible can also introduce systematic biases that complicate sampling and inference.

Non-probability techniques have become increasingly prevalent in digital communication research, reflecting the difficulty of applying probability sampling to digital populations. Online panels, social media recruitment, and crowdsourcing platforms such as Amazon Mechanical Turk have become popular sources of research participants (Vehovar et al., 2016). Online access panels are typically assembled from volunteers, so panel membership is itself self-selected (Callegaro et al., 2014). While these sources offer convenience and cost-effectiveness, they also introduce distinctive biases.

Big data and computational social science have prompted methodological innovation in sampling, including hashtag-based, network-based (e.g., virtual snowball sampling; Baltar & Brunet, 2012), and geolocation-based approaches to sampling social media data. These techniques enable

systematic data collection but generally rely on non-probability principles, which raises questions about representativeness and generalisability.

As Vehovar et al. (2016) note, the quality of non-probability samples depends on how closely the sample approximates the population through careful design, recruitment strategies, and post-survey adjustment such as weighting. Matched-sample designs (Rivers & Bailey, 2009) and model-based approaches to inference (Valliant et al., 2000) are further attempts to compensate for the absence of random selection. The task force of the American Association for Public Opinion Research likewise stresses that non-probability samples vary in quality and that inferences from them rest on assumptions that must be made explicit and evaluated (Baker et al., 2013).

7. METHODOLOGICAL IMPLICATIONS FOR COMMUNICATION RESEARCH

Sampling choices have significant implications for the validity, reliability, and generalisability of research findings. The dominance of convenience sampling documented by Floyd et al. (2023) and Erba et al. (2018) raises concerns about the external validity of the discipline's knowledge base. Findings derived from convenience samples, especially samples recruited predominantly from a single country, may not generalise to diverse global populations in an era of globalised media and communication (Floyd et al., 2023; Henrich et al., 2010).

In African communication research, these challenges are compounded by resource constraints, inadequate research infrastructure, and the absence of comprehensive sampling frames (Ayih et al., 2023; Saani et al., 2026). Reliance on non-probability sampling in these settings is often a pragmatic response to such constraints rather than a methodological preference (Targema, 2019). However, uncritical use of non-probability sampling without adequate methodological justification can undermine the credibility of African communication research and limit its contribution to local and global knowledge (Saani et al., 2026). Building methodological capacity through training in sampling design, sampling frame construction, and sample size determination is essential to raising the rigour of communication research in African contexts (Ayih et al., 2023).

Rather than ranking techniques in a fixed hierarchy of prestige, the evidence reviewed here supports choosing a sampling strategy according to the inferential aim, the availability of a sampling frame, the nature of the population, and available resources. Table 1 summarises this logic.

Table 1. *Decision guide for selecting sampling strategies in communication research*

Research situation	Suitable sampling approaches	Principal cautions
Statistical generalisation to a defined population; usable sampling frame	Simple random, systematic, stratified, cluster, or multistage sampling, chosen to suit the frame structure and resources	Non-response and frame undercoverage can still bias estimates; variance estimation must match the design
Exploratory or descriptive aims; no usable sampling frame	Purposive, quota, or convenience sampling, with explicit justification	Findings are not statistically generalisable; limitations must be stated
In-depth understanding or theory development (qualitative inquiry)	Purposive sampling, including maximum variation and critical case designs	Researcher judgement can bias selection; state selection criteria and the basis for judging adequacy or saturation
Hidden or hard-to-reach populations	Snowball sampling, alone or combined with purposive sampling	Referral chains favour similar people and produce homogeneous samples
Clinical or institutional settings with a steady flow of eligible participants	Consecutive sampling	Non-random; limited to those who present during the sampling period
Digital platforms and online panels	Non-probability designs with careful recruitment and post-survey adjustment (e.g., weighting, matching)	Fluid populations, self-selected panels, and algorithmic filtering limit claims of representativeness

Note. Author's synthesis of the literature reviewed in Sections 3 to 6.

8. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

This conceptual review has examined the principles, applications, and methodological implications of probability and non-probability sampling in communication research. Probability sampling, grounded in probability theory, is the benchmark for generalisable research because it allows researchers to quantify sampling error, construct confidence intervals, and make valid inferences about populations. It is not always feasible or appropriate, however, particularly in qualitative, exploratory, or resource-constrained contexts where sampling frames are unavailable, populations are hidden, or the aim is depth of understanding rather than statistical generalisation. Non-probability sampling offers flexibility, cost-effectiveness, and practical expediency, but sacrifices statistical generalisability and is more susceptible to bias.

The studies reviewed suggest substantial use of non-probability sampling in communication research, particularly where sampling frames, funding, and research infrastructure are limited. Patterns may nevertheless vary across countries, institutions, and research designs, and, as a narrative review, this article is subject to the selection biases inherent in the sources chosen. In African communication research, the limited evidence available points to sampling challenges

compounded by resource constraints, inadequate research infrastructure, and the absence of comprehensive sampling frames, leading to a reliance on non-probability sampling that is often inadequately justified.

Several recommendations follow from this review. First, communication researchers should prioritise methodological transparency by reporting sampling frames, sampling techniques, sample sizes, recruitment routes, and the limitations of their sampling approaches. Second, journal editors and reviewers should require comprehensive reporting of sampling procedures and treat inadequate documentation as a substantive weakness. Third, graduate programmes in communication should strengthen training in sampling design, sampling frame construction, and sample size determination. Fourth, researchers should make deliberate efforts to diversify samples, including by recruiting participants from outside Western countries and, where appropriate, drawing on online panels while attending explicitly to coverage and self-selection bias. Fifth, methodological innovation is needed to develop sampling techniques suited to digital communication research, including techniques for sampling social media data and for adjusting for selection bias in non-probability samples.

Future research should examine the effectiveness of sampling techniques across communication research contexts, investigate how sampling choices affect research findings, and develop methodological guidelines tailored to the challenges of communication research in African and other developing contexts. Systematic reviews of sampling practice in African communication journals are needed to test the tentative patterns reported here. The continued advancement of communication research as a rigorous and credible discipline depends, in no small measure, on the quality and appropriateness of the sampling techniques its scholars employ.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) USE DISCLOSURE

During the preparation of this manuscript, the author used DeepSeek AI for language editing, grammar correction, and readability improvement. The author carefully reviewed, revised, and verified all outputs generated by the tool and takes full responsibility for the accuracy, originality, and integrity of the manuscript content.

REFERENCES

Atkinson, R., & Flint, J. (2001). Accessing hidden and hard-to-reach populations: Snowball research strategies. *Social Research Update, 33*(1), 1–4.
Ayih, L. J., Shem, W., & Lazarus, S. (2023). Challenges of conducting and publishing communication research in selected tertiary institutions in Taraba State, Nigeria. *World Scientific News, 173*, 149–161.
Baker, R. P., Brick, J. M., Bates, N., Battaglia, M. P., Couper, M. P., Dever, J. A., Gile, K. J., & Tourangeau, R. (2013). *Report of the AAPOR task force on non-probability sampling*. American Association for Public Opinion Research.
Baltar, F., & Brunet, I. (2012). Social research 2.0: Virtual snowball sampling method using Facebook. *Internet Research, 22*(1), 57–74.
Baran, S. J. (2004). *Introduction to mass communication: Media literacy and culture* (3rd ed.). McGraw-Hill.
Bhardwaj, P. (2019). Types of sampling in research. *Journal of the Practice of Cardiovascular Sciences, 5*(3), 157–163.
Callegaro, M., Baker, R., Bethlehem, J., Göritz, A., Krosnick, J., & Lavrakas, P. (Eds.). (2014). *Online panel research: A data quality perspective*. Wiley.
Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.
Djennad, B., & Djellouli, M. (2025). Probabilistic sampling in media and communication studies: Concept, procedures, and applications. *EON, 6*(1), 105–115.
Dörnyei, Z. (2007). *Research methods in applied linguistics*. Oxford University Press.
Elfil, M., & Negida, A. (2017). Sampling methods in clinical research: An educational review. *Emergency, 5*(1), e52.
Erba, J., Ternes, B., Bobkowski, P., Logan, T., & Liu, Y. (2018). Sampling methods and sample populations in quantitative mass communication research studies: A 15-year census of six journals. *Communication Research Reports, 35*(1), 42–47. https://doi.org/10.1080/08824096.2017.1362632
Etikan, I., & Bala, K. (2017). Combination of probability random sampling method with non probability random sampling method (sampling versus sampling methods). *Biometrics & Biostatistics International Journal, 5*(6), 210–213. https://doi.org/10.15406/bbij.2017.05.00148
Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics, 5*(1), 1–4.

Floyd, K., Woo, N. T., Maré, J., & Duncan, K. L. (2023). Sampling practices in communication studies: A decade of research in four top journals. Communication and Linguistics Studies, 9(2), 27–41. https://doi.org/10.11648/j.cls.20230902.12
Groves, R. M., Fowler, F. J., Couper, M. P., Lepkowski, J. M., Singer, E., & Tourangeau, R. (2009). Survey methodology (2nd ed.). Wiley.
Henrich, J., Heine, S. J., & Norenzayan, A. (2010). The weirdest people in the world? Behavioral and Brain Sciences, 33(2–3), 61–83.
Kim, K.-S. (2022). Methodology of non-probability sampling in survey research. American Journal of Biomedical Science & Research, 15(6), 1–3.
Kish, L. (1965). Survey sampling. John Wiley & Sons.
Levy, P. S., & Lemeshow, S. (2013). Sampling of populations: Methods and applications (4th ed.). John Wiley & Sons.
Lohr, S. L. (2019). Sampling: Design and analysis (3rd ed.). Chapman and Hall/CRC.
Makwana, D., Engineer, P., Dabhi, A., & Chudasama, H. (2023). Sampling methods in research: A review. International Journal of Trend in Scientific Research and Development, 7(3), 762–768.
Malterud, K., Siersma, V. D., & Guassora, A. D. (2016). Sample size in qualitative interview studies: Guided by information power. Qualitative Health Research, 26(13), 1753–1760.
Marshall, M. N. (1996). Sampling for qualitative research. Family Practice, 13(6), 522–525. Moser, C. A., & Kalton, G. (1972). Survey methods in social investigation. Heinemann.

Mulisa, F. (2022). Sampling techniques involving human subjects: Applications, pitfalls, and suggestions for further studies. International Journal of Academic Research in Education, 8(1), 74–83.
Palinkas, L. A., Horwitz, S. M., Green, C. A., Wisdom, J. P., Duan, N., & Hoagwood, K. (2015). Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method implementation research. Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research, 42(5), 533–544.
Patton, M. Q. (2015). Qualitative research and evaluation methods (4th ed.). SAGE Publications.
Rahman, M. M., Tabash, M. I., Salamzadeh, A., Abduli, S., & Rahaman, M. S. (2022). Sampling techniques (probability) for quantitative social science researchers: A conceptual guidelines with examples. SEEU Review, 17(1), 42–51. https://doi.org/10.2478/seeur-2022-0023
Rivers, D., & Bailey, D. (2009). Inference from matched samples in the 2008 U.S. national elections. Proceedings of the American Association for Public Opinion Research.
Saani, I., Agana, T. A., & Akapule, S. A. (2026). Probability and non-probability sampling techniques in communication research: Perceptions of Communication Studies students at UBIDS, Ghana. International Journal of Sub-Saharan African Research, 4(2), 161–171.
Said Pace, D. (2021). Probability and non-probability sampling: An entry point for undergraduate researchers. International Journal of Quantitative and Qualitative Research Methods, 9(2), 1–15.
Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill, A. (2023). Research methods for business students (9th ed.). Pearson Education.
Stratton, S. J. (2023). Population sampling: Probability and non-probability techniques. Prehospital and Disaster Medicine, 38(2), 147–148.
Tajik, O., Golzar, J., & Noor, S. (2024). Purposive sampling. IJELS, 2(2), 1–8.
Targema, T. S. (2019). Using social media for managing ethno-religious conflicts in Taraba State: Stakeholders' perspectives [Master's dissertation, Bayero University Kano].
Thompson, S. K. (2012). Sampling (3rd ed.). John Wiley & Sons.
Valliant, R., Dorfman, A. H., & Royall, R. M. (2000). Finite population sampling and inference: A prediction approach. John Wiley & Sons.
Vehovar, V., Toepoel, V., & Steinmetz, S. (2016). Non-probability sampling. In C. Wolf, D. Joye, T. W. Smith, & Y.-C. Fu (Eds.), The SAGE handbook of survey methodology (pp. 329–345). SAGE Publications.
Wimmer, R. D., & Dominick, J. R. (2011). Mass media research: An introduction (9th ed.). Wadsworth Cengage Learning.
Wolter, K. (2007). Introduction to variance estimation (2nd ed.). Springer.

EVALUATION OF THE ANTIBIOFILM ACTIVITY OF THYME ESSENTIAL OIL AGAINST ORAL MICROORGANISMS IN CHILDREN IN THE MAGHNIA REGION

Seghir Abdelfettah[a] , Terki Mohammed[b] , Laoufi Hind[a] , Rabahi Fatouma[a]
[a] Laboratory of Antibiotics, Antifungals, Physicochemistry: Synthesis and Biological Activity, University of Tlemcen, Tlemcen, Algeria.
[b] Research Center on Scientific and Technical Information (CERIST), Research Unit on Mediation of Medical, Natural, and Life Sciences (RUMES), Tlemcen, Algeria.

Abstract :

The oral cavity, harboring over 50 billion bacteria across 500 species, accurately reflects the overall health status of children. These microorganisms organize into complex biofilms that are particularly resistant to conventional treatments, in contrast to medicinal plants, which offer an effective alternative free of side effects. The objective of this work is to isolate the oral flora of children from the Maghnia region and evaluate *in vitro* the antibiofilm effect of thyme essential oil using the disc diffusion method (aromatogram) and microdilution assay. The analysis of 44 samples reveals a predominance of co-associations between Gram-positive bacteria and yeasts (55%), followed by Gram-positive bacteria alone (27%), as well as other minor polymicrobial combinations. Finally, thyme essential oil, obtained with a yield of 1.8241%, demonstrated a significant inhibitory capacity, the intensity of which varied depending on the strains studied.

Key Words : Oral flora , Biofilm, *Thymus* , Children's oral health

SMALL STATES AND THE UNITED NATIONS: GEORGIA'S USE OF MULTILATERAL DIPLOMACY

Salome Giorgadze
Doctor of International Relations
Faculty of Business, Law and Social Sciences
Akaki Tsereteli State University
Kutaisi, Georgia
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-9417-0944

Abstract

Small states often face structural limitations in international politics, including restricted economic resources, limited military capabilities, and reduced capacity to influence the decisions of major powers. Under these conditions, international organizations provide institutional platforms through which smaller states can articulate national interests, mobilize international support, and strengthen the international visibility of their foreign policy positions. This article examines how Georgia, as a small state with unresolved territorial conflicts, uses the United Nations (UN) to advance its national interests and sustain international attention to displacement and conflict-related issues. The central research question is: How does Georgia use the United Nations to advance its national interests and mobilize international support, and what opportunities and limitations characterize this strategy? The study applies a qualitative case-study approach, combining document analysis with a comparative examination of voting patterns on United Nations General Assembly resolutions concerning internally displaced persons and refugees from Abkhazia, Georgia, and the Tskhinvali region/South Ossetia, Georgia. Particular attention is given to the period from 2022 to 2026. During this period, affirmative votes increased from 95 in 2022 to 107 in 2025 and remained at 107 in 2026. The study also compares official statements delivered by Georgia, supporting states, and delegations opposing or criticizing the resolution. This qualitative comparison identifies competing diplomatic frames concerning humanitarian protection, territorial integrity, political responsibility, consensus, and the role of the Geneva International Discussions.

The article argues that Georgia's engagement with the UN illustrates how a small state can use multilateral diplomacy to maintain international visibility, build diplomatic coalitions, and reinforce its stated position despite material asymmetries. However, institutional support and the adoption of resolutions do not automatically translate into implementation, the safe and dignified return of displaced persons, or the resolution of the underlying conflicts. The effectiveness of Georgia's strategy must therefore be assessed across institutional, coalition-building, and practical dimensions.

Keywords: small states; Georgia; United Nations; multilateral diplomacy; General Assembly; territorial integrity; internally displaced persons; international support; diplomatic coalitions.

Introduction

The international system is characterized by significant inequalities in economic resources, military capabilities, population, and political influence. Major powers possess instruments that allow them to shape international agendas and influence the decisions of other actors. Small states, by contrast, frequently pursue their foreign policy objectives under conditions of structural asymmetry. Their ability to protect national interests may be constrained by limited resources, dependence on external economic and security relationships, and exposure to regional power competition. Nevertheless, limited material capabilities do not necessarily prevent small states from participating actively in international politics. International organizations provide institutional settings in which states can present their positions, participate in negotiations, form coalitions, and seek support for particular issues. The United Nations is especially significant in this regard because its General Assembly

provides a forum in which each member state has one vote, irrespective of its population, territory, or military power. Although formal equality does not eliminate differences in political influence, it creates opportunities for states with limited material resources to pursue diplomatic objectives through collective institutions. Georgia provides a relevant case for examining these opportunities and their limitations. Since regaining independence following the dissolution of the Soviet Union, Georgia has sought to strengthen its international position, maintain its sovereignty and territorial integrity, and mobilize international support concerning the conflicts involving Abkhazia and the Tskhinvali region/South Ossetia. The consequences of these conflicts, including displacement and the unresolved right of displaced persons to return to their homes, have remained important elements of Georgia's diplomatic engagement with international organizations.

The United Nations has offered Georgia a recurring institutional platform for raising these issues. One prominent example is the General Assembly resolution entitled *Status of Internally Displaced Persons and Refugees from Abkhazia, Georgia, and the Tskhinvali Region/South Ossetia, Georgia*. Georgia has submitted this resolution annually since 2008, seeking international support for the rights of displaced persons and refugees, including the right to return, respect for property rights, and protection against forced demographic changes. The resolution's repeated consideration illustrates how multilateral diplomacy can maintain an unresolved issue on the international agenda even when the institution concerned has limited capacity to enforce its decisions. The relevance of this case extends beyond Georgia. It contributes to broader discussions about how small states use international organizations to compensate, at least partly, for limitations in material power. It also raises an important analytical question: how should diplomatic success be assessed when international support is visible in voting outcomes, but the underlying political and humanitarian problems remain unresolved?

The central research question of this article is:

How does Georgia use the United Nations to advance its national interests and mobilize international support, and what opportunities and limitations characterize this strategy?

The article has four objectives. First, it examines the theoretical relationship between small-state diplomacy and multilateral institutions. Second, it analyzes Georgia's engagement with the UN, focusing on its recurring General Assembly initiative concerning internally displaced persons and refugees. Third, it evaluates the development of voting support between 2022 and 2026. Fourth, it compares official statements by Georgia, supporting states, and delegations opposing or criticizing the resolution to identify competing diplomatic arguments. The article argues that Georgia uses the United Nations as a platform for international agenda-setting, coalition-building, and the reaffirmation of its diplomatic position. The case demonstrates that small-state influence should not be measured exclusively through coercive power or the ability to impose political outcomes. It should also be assessed through institutional participation, the maintenance of international attention, and the mobilization of support for particular principles. At the same time, the article distinguishes formal diplomatic support from practical outcomes and recognizes that the adoption of General Assembly resolutions does not, by itself, resolve conflicts or ensure implementation.

Theoretical Framework: Small States and Multilateral Diplomacy

The concept of a small state is widely used in international relations, but there is no single definition accepted across the literature. States may be classified as small according to population, territorial size, economic capacity, military resources, or their ability to influence the international system. A state may possess limited material resources while maintaining an active diplomatic presence; another may have a relatively substantial economy but remain strategically vulnerable because of its geographic location or security environment. Consequently, smallness is better understood as a combination of material limitations and

structural constraints than as a purely numerical category. Thorhallsson (2012), for example, emphasizes that the ability of small states to exercise influence is shaped not only by quantitative resources but also by diplomatic competence, initiative, expertise, coalition-building, and international reputation. For the purposes of this study, Georgia is examined as a small state in the context of its relative material capabilities, security environment, and position in relation to larger regional powers. The argument does not depend on the assumption that Georgia lacks agency. Rather, it examines how Georgia can exercise agency through institutional and diplomatic instruments when its capacity to shape outcomes through material power alone is limited. Small states may respond to these constraints in different ways. They can prioritize a limited number of foreign policy issues, develop expertise in particular policy areas, cooperate with other states, and use international organizations to amplify their positions. These strategies do not eliminate structural inequalities, but they may help smaller states increase the visibility and credibility of their diplomatic initiatives.

Multilateral diplomacy involves interaction among multiple states through formal institutions, international conferences, negotiations, and other collective decision-making processes. For small states, such diplomacy can provide advantages that are less readily available in purely bilateral relationships with major powers. First, multilateral institutions establish formal procedures through which states can present their positions and participate in collective deliberation. In the UN General Assembly, the principle of one state, one vote creates a formal basis for participation that does not depend directly on the size of a state's military or economy.

Second, international organizations provide opportunities for agenda-setting. A state can seek to ensure that an issue is repeatedly discussed, documented, and considered by other governments. Keeping an issue on the international agenda may be particularly important when a state cannot independently compel a more powerful actor to change its policy.

Third, multilateral institutions facilitate coalition-building. Small states can work with partners that share similar positions, coordinate diplomatic initiatives, and broaden the geographical reach of their proposals. Such cooperation can increase the visibility and perceived legitimacy of an initiative, although the degree of support varies across issues and over time.

Fourth, international organizations can help states frame their interests through internationally recognized principles, including sovereignty, territorial integrity, human rights, and the protection of displaced persons. The effectiveness of such framing depends on the issue, the wording of the initiative, the positions of other states, and the broader political context. Research on small-state diplomacy supports the view that material size does not determine diplomatic success in a straightforward manner. Panke (2012) argues that small states can exercise influence in multilateral negotiations under particular institutional and strategic conditions. In her analysis of the UN General Assembly, Panke (2014) examines the relationship between state size, diplomatic activity, and negotiation outcomes. These findings suggest that diplomatic activity, issue prioritization, expertise, and institutional strategy are important variables in understanding small-state influence. They do not imply that formal equality eliminates power asymmetries. Instead, they indicate that institutional settings can create opportunities for states to pursue objectives that might otherwise be difficult to advance.

Despite these opportunities, small-state diplomacy faces substantial limitations. Smaller diplomatic services may have fewer personnel available to monitor negotiations, analyze documents, maintain contacts, and participate in multiple institutional processes simultaneously. The ability to engage effectively may also depend on access to information, technical expertise, financial resources, and continuity in diplomatic staffing. Ó Súilleabháin (2014), drawing on the experiences of small-state missions at the United Nations, identifies capacity constraints and structural barriers as significant challenges to effective participation.

These limitations are particularly relevant when states must engage across numerous policy areas while prioritizing a limited number of issues. A further constraint concerns the difference between adopting an international position and implementing it. General Assembly resolutions can articulate principles, generate visibility, and express the collective position of states. However, their adoption does not automatically produce compliance by relevant actors. The ability to translate institutional support into practical outcomes may depend on political negotiations, the cooperation of parties to a conflict, access for international organizations, and the availability of effective implementation mechanisms.

It is therefore necessary to distinguish between three dimensions of diplomatic effectiveness:

1. **Institutional effectiveness:** whether a state succeeds in bringing an issue before an international organization and obtaining a formal decision.
2. **Coalition effectiveness:** whether it mobilizes or sustains support from other states.
3. **Practical effectiveness:** whether diplomatic activity contributes to measurable changes in the underlying political or humanitarian situation.

These dimensions are related but not interchangeable. A state may achieve a clear institutional outcome and broaden its coalition without securing immediate practical change. This distinction is central to evaluating Georgia's engagement with the United Nations.

Georgia and the United Nations: Institutional Context

Georgia's foreign policy has developed in the context of post-Soviet state-building, regional security competition, and unresolved territorial conflicts. Following the restoration of independence, the country sought to consolidate its statehood, establish international partnerships, and strengthen its position within international institutions. Membership in international organizations provides Georgia with platforms for presenting its national priorities and participating in collective decision-making. The United Nations is particularly important because its membership includes states with different political systems, regional interests, and approaches to international security. Its global scope enables Georgia to raise issues beyond its immediate neighborhood and seek support from countries that might otherwise have limited direct involvement in the conflicts affecting Georgia. Georgia's engagement with the UN should not be understood as a substitute for bilateral diplomacy or other international partnerships. Rather, it constitutes one component of a broader foreign policy strategy. The United Nations offers a setting in which Georgia can repeatedly articulate its position, seek formal support, and connect conflict-related questions with wider humanitarian and legal principles. For a state facing unresolved territorial conflicts, continuity of international attention is itself a diplomatic concern. If an issue disappears from international deliberations, the affected state may find it more difficult to maintain external engagement. Recurring initiatives can therefore help preserve institutional visibility, although visibility alone does not guarantee a change in the behavior of the parties concerned. A particularly relevant example of Georgia's multilateral diplomacy is the annual UN General Assembly resolution entitled Status of Internally Displaced Persons and Refugees from Abkhazia, Georgia, and the Tskhinvali Region/South Ossetia, Georgia. According to Georgia's Ministry of Foreign Affairs, Georgia has submitted the resolution annually since 2008. The initiative focuses on the status and rights of internally displaced persons and refugees affected by the conflicts in Georgia. It addresses issues including the right of return, property rights, forced demographic changes, and humanitarian access. The 2026 resolution reaffirms the right of internally displaced persons and refugees, and their descendants, regardless of ethnicity, to return to their homes throughout Georgia, including in Abkhazia and the Tskhinvali region/South Ossetia. It also emphasizes the protection of property rights, rejects forced demographic changes, and underlines the need for humanitarian access and conditions conducive to safe, voluntary, dignified, and unhindered return (United Nations

General Assembly, 2026). The annual nature of the initiative is significant. By bringing the matter before the General Assembly repeatedly, Georgia seeks to prevent the humanitarian consequences of the conflicts from becoming institutionally marginal. Each annual consideration provides an opportunity for states to express their positions and for Georgia to seek support from a broad international constituency. The resolution also connects Georgia's national interests with principles that extend beyond the country's immediate geopolitical circumstances. The rights of displaced persons, protection of property, and safe and dignified return are humanitarian concerns that can be discussed in a multilateral setting. This framing enables Georgia to present its position not only as a matter of national sovereignty but also as a question of the rights and welfare of affected people. Nevertheless, the resolution's humanitarian framing does not remove its political significance. The text refers to the regions in question as parts of Georgia and addresses the consequences of the conflicts within that framework. Its adoption therefore represents both a humanitarian initiative and an instrument through which Georgia seeks to sustain international recognition of its position. The General Assembly provides a forum in which Georgia can seek international support without relying exclusively on negotiations with larger powers. Unlike the Security Council, where five permanent members possess veto power over substantive decisions, the General Assembly operates under a different voting structure and offers broader opportunities for member-state participation. However, the General Assembly's institutional characteristics must be understood accurately. A favorable vote on a resolution does not automatically create an enforcement mechanism capable of compelling compliance. General Assembly resolutions generally express recommendations or collective institutional positions, although their legal significance varies according to their subject matter and the applicable international law. The resolution examined here should therefore not be treated as equivalent to an enforceable Security Council decision. The General Assembly's value for Georgia lies partly in its ability to provide a recurring, globally visible venue for diplomatic engagement. It allows the country to seek support across regional groupings and political alignments and to demonstrate that the issue remains under consideration by the international community. This is an important example of how a small state can use institutional access to pursue objectives that exceed its unilateral material capacity. It does not remove the influence of major powers, but it creates an additional diplomatic arena in which Georgia can mobilize support and maintain international attention.

Georgia's Use of Multilateral Diplomacy in Practice

One of the central functions of Georgia's engagement with the UN is agenda-setting. By submitting the resolution annually, Georgia seeks to ensure that the status of internally displaced persons and refugees remains part of the General Assembly's work. Agenda-setting is particularly important when a conflict persists for many years and its humanitarian consequences risk becoming less visible in international discussions. Repeated consideration can preserve an institutional record, provide a recurring opportunity for diplomatic statements, and require governments to decide whether to support, oppose, or abstain on the resolution. The recurring initiative can also be understood as a strategy of diplomatic continuity. Rather than treating the adoption of a resolution in a single year as a final outcome, Georgia returns to the issue in subsequent sessions. This approach sustains the question within the institutional agenda and allows the country to pursue support over an extended period. However, recurrence should not automatically be equated with policy effectiveness. The fact that a resolution is considered repeatedly demonstrates the continuity of the initiative, but it does not by itself prove that the initiative has changed the behavior of other states or improved conditions for displaced persons. Its significance must be evaluated through additional evidence, including voting patterns, co-sponsorship, diplomatic statements, and developments related to implementation.

A second dimension of Georgia's multilateral diplomacy is coalition-building. The success of a General Assembly initiative depends not only on the state that proposes it but also on the willingness of other countries to support the text. Coalition-building may involve diplomatic consultations, the explanation of the initiative's objectives, engagement with regional groups, and efforts to secure co-sponsors. A broad group of co-sponsors can increase the visibility of a proposal and demonstrate that it attracts support beyond the state directly concerned. In the case of Georgia's resolution, the 2026 vote provides a clear example. According to Georgia's Ministry of Foreign Affairs, the resolution was co-sponsored by 68 countries and received 107 affirmative votes. Eight countries voted against it. The Ministry also reported supportive statements during the debate from the President of the General Assembly, the European Union, Lithuania on behalf of the Baltic and Nordic countries, the United Kingdom, Australia on behalf of Canada and New Zealand, Ukraine, and Japan (Ministry of Foreign Affairs of Georgia, 2026). These details provide evidence of diplomatic support extending across multiple states and regional groupings. They illustrate how Georgia's initiative can be presented and supported within a broad multilateral setting.

Nevertheless, co-sponsorship and voting should be treated as distinct indicators. A state that co-sponsors a resolution has formally associated itself with the initiative, while a state that votes in favor supports its adoption at the voting stage. The two forms of participation may overlap, but they are not identical. Nor should support for this specific resolution be interpreted as complete agreement with every aspect of Georgia's foreign policy. A careful assessment of coalition-building therefore requires attention to both the number of supporting states and the character of their participation. Voting figures are useful indicators, but they do not reveal all the diplomatic negotiations, national considerations, or political calculations behind individual decisions.

Georgia's resolution also illustrates the importance of issue framing. The initiative addresses the rights and status of internally displaced persons and refugees, placing humanitarian concerns at the center of the diplomatic argument. This framing has several potential advantages. It focuses attention on the individuals and communities affected by displacement, connects the issue to widely recognized humanitarian principles, and provides a basis for international discussion beyond the immediate political rivalry between Georgia and Russia. The resolution's emphasis on the right of return, property rights, and the need to prevent forced demographic changes provides a normative framework for the issue. It allows Georgia to argue that the consequences of the conflicts should remain a matter of international concern. At the same time, humanitarian framing does not mean that the initiative is politically neutral. The resolution is connected to Georgia's broader efforts to uphold its territorial integrity and sustain international support for its position concerning Abkhazia and the Tskhinvali region/South Ossetia. These objectives are compatible with a humanitarian focus, but they should be analytically distinguished. For this reason, the resolution can be interpreted as serving several related functions: it raises the humanitarian consequences of displacement, maintains an institutional record of the issue, and supports Georgia's diplomatic effort to preserve international attention to the conflicts. Voting data offer a concrete means of assessing one dimension of Georgia's multilateral diplomacy. The following table compares the outcomes of five annual General Assembly resolutions concerning internally displaced persons and refugees from Abkhazia and the Tskhinvali region/South Ossetia.

Year	Resolution	Votes in favour	Votes against	Abstentions
2022	A/RES/76/267	95	12	56
2023	A/RES/77/293	100	9	59

2024	A/RES/78/283	103	9	53
2025	A/RES/79/292	107	9	49
2026	A/RES/80/264	107	8	55

Sources: United Nations General Assembly resolutions A/RES/76/267, A/RES/77/293, A/RES/78/283, A/RES/79/292, and A/RES/80/264.

The data reveal three notable patterns.

- First, affirmative votes increased from 95 in 2022 to 107 in 2025. This represents an increase of 12 votes over the period. The 2026 result maintained the same number of affirmative votes as in 2025, indicating that the level of formal support observed in the preceding year was sustained.
- Second, the number of votes against the resolution declined from 12 in 2022 to eight in 2026. The decline suggests that the resolution faced fewer negative votes at the end of the period than at the beginning. This is a meaningful descriptive observation, although it does not establish why individual states changed or maintained their positions.
- Third, abstentions fluctuated rather than following a consistent downward trend. They rose from 56 in 2022 to 59 in 2023, declined to 49 in 2025, and increased again to 55 in 2026. The pattern shows that the growth in affirmative votes did not translate into a continuous decline in abstentions.

Taken together, these figures indicate a strengthening of formal support between 2022 and 2025, followed by a stable affirmative vote in 2026. They also show that opposition decreased, measured by the number of negative votes, over the five-year period. However, these figures should not be interpreted as a direct measurement of support for every dimension of Georgia's foreign policy. States may vote for a resolution because they support its humanitarian provisions, because they endorse the principles it invokes, or because of broader diplomatic considerations. Similarly, abstention can reflect a range of positions and should not automatically be classified as opposition. The figures also cannot establish a causal relationship between Georgia's diplomatic activity and changes in voting behavior. To determine why the number of affirmative votes increased, further research would need to compare individual states' voting histories, official explanations of votes, co-sponsorship decisions, and relevant changes in diplomatic relations. The strongest conclusion supported by the data is therefore a limited but important one: between 2022 and 2026, Georgia's annual resolution retained substantial General Assembly support, with affirmative votes rising from 95 to 107 and opposition declining from 12 to eight. This pattern is consistent with the proposition that Georgia has maintained a significant multilateral coalition around the initiative, but additional evidence is needed to establish the mechanisms that produced the observed results. Voting results represent an important dimension of diplomatic activity, but they are not sufficient to evaluate the overall effectiveness of Georgia's UN strategy. At the institutional level, the recurring adoption of the resolution demonstrates that Georgia has continued to bring the issue before the General Assembly and obtain a formal decision. At the coalition level, the voting record and co-sponsorship figures demonstrate that the initiative has attracted substantial support. These outcomes are relevant to understanding Georgia's ability to maintain international attention and mobilize states around a recurring diplomatic objective.

The practical dimension, however, requires a different set of indicators. It concerns whether the initiative contributes to improvements in the conditions affecting displaced persons, the protection of their rights, humanitarian access, or prospects for safe and dignified return. Such outcomes cannot be inferred from voting figures alone. The distinction is important because international organizations often perform multiple functions simultaneously. They can provide platforms for diplomatic communication, reaffirm normative principles, document

international positions, and encourage political engagement. Their ability to produce concrete changes depends on additional factors, including the willingness of relevant actors to cooperate and the existence of effective mechanisms for implementation. The annual resolution also maintains the issue within the General Assembly's institutional agenda and provides for continued reporting. These provisions contribute to institutional continuity. However, the inclusion of reporting and follow-up provisions does not by itself demonstrate that the resolution's substantive objectives have been achieved. Georgia's experience therefore supports a multidimensional understanding of diplomatic effectiveness. A state may succeed in mobilizing international support while continuing to face serious obstacles to achieving its ultimate political and humanitarian objectives. Institutional success should be recognized as meaningful, but it should not be confused with practical resolution of the underlying problem.

Voting outcomes provide a quantitative indication of international support, but they do not fully explain the diplomatic arguments through which states justify their positions. An examination of official statements delivered during United Nations General Assembly debates makes it possible to identify competing interpretations of the resolution, the principles invoked by different delegations, and the role of diplomatic framing in Georgia's multilateral strategy. This section compares the positions articulated by Georgia, supporting states, and delegations that opposed the resolution or criticized its adoption without consensus. The analysis draws on official United Nations meeting records and meeting coverage from the 2023, 2024, and 2025 debates. It distinguishes between the positions expressed by delegations and the conclusions that can reasonably be drawn from those statements. Government statements are treated as evidence of publicly articulated diplomatic positions rather than as independent verification of every factual or legal claim they contain.

Georgia's statements present the resolution as a recurring humanitarian initiative concerned with the rights of internally displaced persons and refugees affected by the conflicts in Abkhazia and the Tskhinvali region/South Ossetia. In introducing the draft resolution in June 2025, the Georgian delegation emphasized the right of displaced persons to return to their homes safely and with dignity, the protection of property rights, the rejection of forced demographic changes, and the need for humanitarian access. It also linked these objectives to the broader international commitment to protect displaced populations (United Nations General Assembly, 2025a). An important feature of Georgia's argument is its emphasis on the humanitarian character of the initiative. The Georgian representative stated that the resolution was not directed against any party and that its purpose was to focus on the humanitarian consequences of displacement rather than to assign blame. The delegation also explained that the text remained substantially unchanged because the rights and conditions addressed by it remained unresolved (United Nations General Assembly, 2025a).

This framing serves two related diplomatic purposes. First, it places the experience and rights of displaced persons at the centre of the debate. Second, it connects Georgia's national concerns to principles that have broader relevance within the international system. The issue is thus presented not only as a component of Georgia's territorial conflict but also as a matter of humanitarian protection, property rights, and the right to return. At the same time, the Georgian position explicitly connects these humanitarian objectives with the country's sovereignty and territorial integrity. The delegation refers to internationally recognized borders and argues that the resolution is consistent with established United Nations principles. Georgia therefore combines humanitarian framing with a broader diplomatic objective: maintaining international recognition of its position concerning Abkhazia and the Tskhinvali region/South Ossetia. A further element of Georgia's argument is institutional continuity. The delegation emphasizes that the resolution has been introduced annually since 2008 and that the Secretary-General's reporting mechanism should be maintained. Annual reporting allows the issue to remain visible within the United Nations system and provides a recurring institutional basis for reviewing the

situation of displaced persons. In this respect, Georgia uses the General Assembly not only to seek a vote but also to sustain a continuing process of international attention. The Georgian delegation also recognizes the importance of the Geneva International Discussions, describing them as the relevant negotiation format for addressing the conflict-related issues in question. This is significant because it shows that Georgia's stated position does not formally present the General Assembly as a substitute for negotiations. Instead, the resolution is framed as complementary to dialogue and efforts to establish conditions for safe, voluntary, dignified, and unhindered return. Statements by supporting states broadly overlap with Georgia's emphasis on the rights of displaced persons, but they also reveal differences in diplomatic emphasis. Some delegations foreground territorial integrity and international law, while others place particular weight on humanitarian access, durable solutions, dialogue, and the continuing responsibility of the international community. In the 2025 debate, Lithuania spoke on behalf of the Nordic and Baltic states, reaffirming support for Georgia's territorial integrity within its internationally recognized borders. The statement highlighted the prolonged displacement of affected populations, concerns about restrictions on movement and humanitarian access, and the absence of major progress regarding the right of return. It also stressed the importance of continued United Nations attention to the issue (United Nations General Assembly, 2025a). This position reflects a diplomatic approach that links the humanitarian consequences of displacement with broader questions of sovereignty, territorial integrity, and compliance with international law. For these states, the resolution is relevant both because of the rights of displaced persons and because the situation is understood within a wider framework of international security and the protection of recognized borders. The European Union's statement in the same debate followed a related but somewhat broader approach. The EU reaffirmed support for Georgia's sovereignty and territorial integrity, expressed concern about human rights and humanitarian challenges in the conflict-affected regions, and called for full, safe, and unhindered humanitarian access. It also emphasized the right of displaced persons to choose a durable solution, including voluntary, safe, and dignified return, and the ability to exercise property rights. At the same time, the EU stressed the importance of the Geneva International Discussions and called for genuine dialogue, pragmatic approaches, and durable solutions (United Nations General Assembly, 2025a).

The EU statement is analytically important because it combines support for Georgia's internationally recognized borders with an emphasis on negotiation and practical humanitarian measures. It therefore illustrates that support for the resolution need not be understood exclusively in terms of symbolic endorsement of Georgia's national position. Supporting delegations also frame the issue as a continuing humanitarian concern that requires access, dialogue, and long-term solutions. Statements by Japan and the United Kingdom similarly connected support for the rights of displaced persons with concerns about territorial integrity, humanitarian access, and the human rights situation in the conflict-affected regions. These statements show how supporting states combine humanitarian arguments with legal and security considerations, although the emphasis placed on each element varies by delegation (United Nations General Assembly, 2025a). The 2023 debate provides additional evidence of this approach. According to the United Nations' official meeting coverage, supporting delegations emphasized the right of return, the need to respect property rights, humanitarian access, and the development of a timetable to facilitate voluntary, safe, dignified, and unhindered return. Brazil, which abstained, nevertheless stated that it respected Georgia's sovereignty and territorial integrity and expressed support for a peaceful solution and the creation of conditions favourable to the return of displaced persons (United Nations, 2023).

This distinction is important. Diplomatic positions cannot always be reduced to a simple division between states that support Georgia and states that oppose it. A delegation may endorse Georgia's territorial integrity or the humanitarian objectives of the resolution while expressing

reservations about the resolution's format, wording, or relationship to ongoing negotiations. Voting behaviour and the content of official statements should therefore be examined together. The statements of delegations opposing the resolution or criticizing its adoption reveal a different understanding of the initiative's purpose and consequences. In the 2025 debate, the Russian Federation argued that the resolution was politically motivated, disputed Georgia's account of the origins of the conflict, and maintained that the text did not adequately reflect what it described as the positions and experiences of Ossetian and Abkhaz populations. The Russian delegation also argued that the resolution undermined dialogue and that the Geneva International Discussions should be the principal forum for addressing the issue. On this basis, it called on states to vote against the draft resolution (United Nations General Assembly, 2025a).

These statements reveal three principal elements of the Russian position.

First, the Russian delegation challenged Georgia's framing of the conflict and offered a different account of the events that produced displacement. Second, it questioned the political neutrality of the resolution, characterizing it as an instrument of political pressure rather than a purely humanitarian measure. Third, it argued that the adoption of the resolution in the General Assembly was incompatible with a more inclusive dialogue involving the parties and representatives that, in its view, were not adequately represented in the process.

These arguments should be analyzed as the Russian Federation's stated position rather than accepted as established fact. They reflect a competing diplomatic narrative about responsibility for the conflict, the status of the affected territories, and the appropriate institutional setting for discussing displacement. The disagreement is therefore not simply about whether displaced persons have rights; it also concerns the political interpretation of the conflict and the framework through which those rights should be addressed. Venezuela's statement in the 2023 debate provides a related but distinct example. The Venezuelan delegation expressed concern about the use of the General Assembly to adopt resolutions without consensus and argued that such initiatives could deepen divisions and complicate regional dynamics. It called for confidence-building measures and emphasized the Geneva International Discussions as an appropriate forum for dialogue and negotiation. The statement therefore focused less on the detailed provisions concerning property and return and more on the procedural and political consequences of adopting a contested resolution (United Nations, 2023). It is important, however, to distinguish Venezuela's criticism from the position of states that voted against the resolution. Venezuela's statement criticized the initiative and called for a different approach, but its position should not be inaccurately described as an affirmative vote against the text. This illustrates why official statements and recorded voting results must be examined separately. The Russian and Venezuelan statements share an emphasis on dialogue, consensus, and the risks of politicization, but they should not be treated as identical. Russia directly contested Georgia's account of the conflict and opposed the resolution, whereas Venezuela emphasized the General Assembly's decision-making process and the importance of consensus-based diplomacy. The distinction suggests that opposition or criticism can arise from different arguments and should not be reduced to a single explanatory category.

A comparison of the statements reveals three broad diplomatic frames.

- The first is Georgia's rights-based and sovereignty-centred frame. It presents the resolution as a humanitarian initiative that protects displaced persons' rights while reaffirming internationally recognized borders and maintaining international attention to the consequences of the conflict.
- The second is the supporting states' international-law and humanitarian-protection frame. Many supporting delegations reaffirm Georgia's territorial integrity and

emphasize the right of return, property rights, humanitarian access, and the importance of continued international engagement. Some also highlight the need for dialogue and durable solutions, demonstrating that support for the resolution can coexist with an emphasis on negotiations.

- The third is the critical or opposing frame, which emphasizes politicization, the lack of consensus, competing interpretations of the conflict, and the perceived importance of the Geneva International Discussions. These arguments challenge either the political framing of the resolution, its institutional setting, or its likely contribution to a negotiated settlement.

The differences among these frames demonstrate that the resolution is not interpreted identically by all states. Even when delegations refer to common concepts such as humanitarian protection, dialogue, and peace, they may disagree about the causes of displacement, the political status of the territories, the responsibilities of the parties, and the most appropriate mechanism for addressing the problem. This comparison also clarifies why the number of votes in favour should not be treated as a complete measure of diplomatic agreement. The 2025 resolution received 107 affirmative votes, nine negative votes, and 49 abstentions. These figures establish the distribution of votes, but they do not demonstrate that all supporting states share the same interpretation of the conflict or that all abstaining states reject the resolution's humanitarian objectives. The statements of Brazil and the European Union illustrate that support for Georgia's territorial integrity, concern for displaced persons, and views on the appropriate diplomatic process can be articulated in different combinations. For Georgia, the practical significance of the General Assembly therefore lies partly in its ability to obtain a formal decision despite competing diplomatic narratives. The annual resolution allows Georgia to preserve an institutional record of the issue, seek support from states across different regions, and keep the rights of displaced persons on the international agenda. At the same time, opposing statements demonstrate that formal adoption does not eliminate disagreement about the conflict or guarantee implementation. The comparison consequently supports a qualified conclusion: Georgia's multilateral diplomacy has achieved sustained formal support for its annual resolution, but the broader diplomatic environment remains contested. The effectiveness of this strategy should be assessed through a combination of voting results, co-sponsorship, the substance of official statements, and evidence concerning implementation. Such a multidimensional approach avoids equating institutional success with conflict resolution while recognizing the continuing value of the United Nations as a platform for small-state diplomacy. In methodological terms, this section demonstrates the value of combining quantitative and qualitative evidence. Voting data identify patterns of formal support and opposition, while official statements reveal the arguments through which states explain their positions. Neither type of evidence is sufficient on its own. Their combination provides a more nuanced understanding of Georgia's use of multilateral diplomacy and the political constraints within which that strategy operates.

Opportunities and Limitations of Georgia's Multilateral Diplomacy

One of the principal opportunities available to Georgia through the United Nations is the ability to maintain international visibility. Repeated consideration of the resolution creates a formal record of the issue and ensures that member states are periodically required to engage with it. For a small state, this is significant because international attention is a limited resource. Many conflicts and humanitarian crises compete for consideration within international institutions. By maintaining a recurring initiative, Georgia reduces the risk that the issue of displacement will disappear entirely from the General Assembly's agenda. The resolution also offers a platform for articulating Georgia's position through internationally recognizable principles. The focus on the rights of displaced persons, property protection, and safe return allows the country to connect its national concerns with broader humanitarian commitments.

However, institutional visibility and legitimacy should be understood as potential diplomatic resources rather than as proof of universal agreement. A favorable vote establishes support for the resolution in the context of a particular institutional decision. It does not necessarily indicate that every supporting state shares the same interpretation of the conflict or the same policy priorities.

Coalition-building provides another opportunity for Georgia to strengthen its position. By securing support from states across different regions, Georgia can demonstrate that the issue is not confined to a bilateral dispute or a narrowly regional concern. This strategy is consistent with wider research on small states, which emphasizes the importance of cooperation, expertise, and diplomatic initiative in multilateral settings (Panke, 2012; Thorhallsson, 2012). Coalitions can broaden the reach of an initiative, distribute diplomatic support across multiple partners, and reinforce the continuity of a proposal over successive sessions.

Nevertheless, the value of a coalition depends on more than its numerical size. The durability of support, the willingness of partners to engage beyond the voting stage, and the consistency of their diplomatic positions are also important. A coalition that supports a resolution may not necessarily be prepared to undertake additional diplomatic or political measures. For Georgia, the challenge is therefore not only to preserve a substantial number of affirmative votes but also to sustain meaningful engagement with supporting states and explore how institutional support can contribute to broader diplomatic objectives. Despite these opportunities, Georgia's multilateral diplomacy remains subject to structural constraints. First, the United Nations does not eliminate material inequalities among states. Larger powers retain substantial economic, military, and diplomatic resources, and their positions can influence the broader environment in which multilateral initiatives are considered. Second, the General Assembly's institutional authority is limited in comparison with mechanisms that can adopt binding decisions under particular legal conditions. A resolution may reaffirm principles and express collective support, but its adoption does not automatically ensure compliance or compel the relevant parties to implement its provisions. Third, voting outcomes are influenced by factors that extend beyond the initiative itself. States may consider bilateral relationships, regional alignments, domestic political priorities, and wider international developments. Without systematic evidence, it is difficult to determine the relative importance of these factors in individual voting decisions. Fourth, the practical consequences of diplomatic support may be difficult to measure. An increase in affirmative votes is observable, whereas the extent to which the increase contributes to changes in political behavior or humanitarian conditions requires additional evidence. The comparative statement analysis adds another limitation: states can agree on general humanitarian principles while disagreeing about the political interpretation of the conflict and the appropriate diplomatic process. Support for the resolution does not necessarily indicate agreement on all questions of conflict responsibility, negotiation format, or implementation. Similarly, criticism of the resolution should not automatically be interpreted as opposition to every humanitarian objective it contains. These limitations do not make multilateral diplomacy ineffective. Rather, they demonstrate that its contribution should be evaluated in relation to the specific objectives and instruments available to a small state. The empirical analysis in this article relies primarily on official General Assembly voting outcomes, resolution texts, meeting records, and statements issued by Georgia's Ministry of Foreign Affairs. These sources provide a verifiable basis for assessing the formal outcomes of Georgia's annual initiative and the publicly stated arguments of participating delegations.

Nevertheless, the evidence has several limitations.

- First, the voting comparison covers the period from 2022 to 2026, which is relatively short for evaluating the long-term effectiveness of a diplomatic strategy that began in

2008. The five-year comparison provides a recent snapshot of voting patterns but does not establish a complete historical trajectory.

- Second, voting data reveal the outcome of a decision, not necessarily the reasoning behind it. The number of affirmative votes, negative votes, and abstentions can demonstrate changes in the distribution of formal positions, but it cannot independently explain the motivations of individual governments.
- Third, official statements are valuable primary sources for identifying the diplomatic positions of governments. However, they should be read as statements from interested actors rather than as independent evaluations of the initiative's effectiveness. A delegation's description of the conflict or its account of another state's conduct should not automatically be treated as independently verified evidence.
- Fourth, the adoption of a resolution does not establish that its provisions have been implemented. An assessment of practical effectiveness would require additional evidence, such as UN reporting, information concerning humanitarian access, developments affecting the rights of displaced persons, and credible assessments of conditions related to return.
- Fifth, the analysis does not establish that Georgia's diplomatic efforts alone caused the increase in affirmative votes. Other factors may have influenced voting patterns, and establishing causality would require a more detailed comparison of state positions, diplomatic statements, and relevant international developments.

Finally, the selection of statements discussed in the article is illustrative rather than exhaustive. It identifies important examples of the arguments used by Georgia, selected supporting states, Russia, and Venezuela. A comprehensive study of all delegations, including every state that abstained, would require a systematic coding of a larger set of statements across multiple years. These limitations define the scope of the article's conclusions. The study can demonstrate continuity in Georgia's use of the General Assembly, identify changes in the resolution's voting outcomes, and compare the publicly stated arguments of selected delegations. It cannot, on the evidence presented here alone, determine the precise causes of every voting decision or establish a direct causal relationship between the resolution and practical changes on the ground.

Discussion

The Georgian case contributes to the study of small-state diplomacy by illustrating how a state with limited material capabilities can use an international organization to maintain a foreign policy issue on the global agenda. Georgia's recurring initiative demonstrates that diplomatic agency is not limited to states capable of exercising substantial military or economic power. The annual resolution serves as an institutional mechanism through which Georgia can repeatedly articulate its position, seek support from other governments, and connect national concerns with humanitarian principles. The pattern of voting between 2022 and 2026 indicates that the initiative retained substantial formal support, with affirmative votes increasing from 95 in 2022 to 107 in 2025 and remaining at 107 in 2026. This finding is consistent with theoretical arguments that institutional participation and diplomatic strategy can provide opportunities for smaller states to pursue their interests. Panke's research highlights the importance of participation and strategic engagement in multilateral negotiations, while Thorhallsson emphasizes expertise, initiative, coalition skills, and international reputation as factors that may contribute to small-state influence. The Georgian case provides an applied example of why these factors merit attention when evaluating the foreign policy of a state operating under conditions of structural asymmetry. The comparison of official statements adds a qualitative dimension to this finding. Georgia emphasizes humanitarian rights, territorial integrity, and the need to preserve international attention. Supporting states frequently combine recognition of

Georgia's internationally recognized borders with calls for humanitarian access, property protection, safe return, and continued dialogue. Russia challenges Georgia's interpretation of the conflict and criticizes the resolution as politicized, while Venezuela's 2023 statement focuses on consensus and the possible effects of contested resolutions on diplomatic processes. These positions reveal that the resolution operates within a contested diplomatic environment. States do not necessarily disagree about every humanitarian principle, but they differ over the political interpretation of the conflict, the responsibilities of the parties, and the institutional process through which the issue should be addressed. The distinction between voting behaviour and the substance of official statements is therefore essential for understanding the diplomatic significance of the initiative. At the same time, the case illustrates the importance of distinguishing between different forms of influence. The resolution's adoption is evidence of institutional success. The number of affirmative votes and the breadth of co-sponsorship offer indicators of coalition support. Neither measure, however, is sufficient to establish practical effectiveness in terms of conflict resolution or the realization of the rights affirmed in the resolution. This distinction has broader implications for research on international organizations. If diplomatic success is measured only through the adoption of resolutions, the analysis may overestimate the practical impact of multilateral institutions. Conversely, if success is measured only through immediate changes on the ground, the analysis may overlook the significance of maintaining international attention, recording collective positions, and preserving diplomatic opportunities over time. A more balanced approach evaluates multilateral diplomacy across institutional, coalition, and practical dimensions. This framework allows researchers to recognize the value of diplomatic achievements without assuming that every institutional outcome produces direct political change. The Georgian case also suggests that the continuity of an initiative is analytically important. Repeated consideration of the resolution provides an opportunity to track changes in international support and to investigate the relationship between diplomatic practice and voting outcomes. Future research could extend the analysis to the full period since 2008, compare voting patterns across a larger group of states, and examine whether changes in support correspond with identifiable developments in diplomatic relations. A further research direction would involve a more systematic analysis of explanations of votes and official statements by both supporting and opposing states. Such an approach could help distinguish humanitarian justifications from wider geopolitical considerations and provide a stronger basis for understanding the motivations behind voting decisions. Comparing co-sponsorship patterns with final voting behaviour would also clarify whether the expansion of formal support reflects a broadening diplomatic coalition or changes in the behaviour of states already engaged with the initiative. Finally, an assessment of practical impact would need to go beyond voting records. It could examine reports of the UN Secretary-General, relevant humanitarian documentation, and developments affecting the rights and conditions of displaced persons. Such evidence would help determine whether the diplomatic initiative has contributed to concrete outcomes and identify the conditions under which multilateral support can be translated into practical progress. The central lesson is therefore not that international organizations remove the structural disadvantages faced by small states. Rather, they offer institutional opportunities through which smaller states can exercise agency, build coalitions, and maintain international attention. The extent to which these opportunities produce broader outcomes depends on the interaction between diplomatic strategy, the behaviour of other states, institutional authority, and the political conditions surrounding the issue.

Conclusion

This article examined how Georgia uses the United Nations to advance its national interests and mobilize international support, focusing on the General Assembly resolution

concerning internally displaced persons and refugees from Abkhazia and the Tskhinvali region/South Ossetia. The analysis demonstrates that the United Nations provides Georgia with an important platform for agenda-setting, coalition-building, and the reaffirmation of internationally articulated principles. Through its recurring resolution, Georgia maintains the issue of displacement within the General Assembly's work and seeks support for the rights of affected persons, including the right to return and the protection of property rights. The comparative voting evidence for 2022–2026 indicates that affirmative votes increased from 95 in 2022 to 107 in 2025 and remained at 107 in 2026. Over the same period, negative votes declined from 12 to eight, while abstentions fluctuated. These results demonstrate that the resolution maintained substantial formal support and that opposition, measured by the number of negative votes, was lower in 2026 than in 2022. The qualitative analysis of official statements provides a more detailed understanding of this diplomatic process. Georgia frames the initiative around humanitarian rights, territorial integrity, and institutional continuity. Supporting states combine these themes in different ways, often emphasizing international law, humanitarian access, safe return, and continued dialogue. Opposing or critical delegations challenge the political framing of the resolution, question its relationship to consensus, or emphasize the Geneva International Discussions as the appropriate setting for negotiations. These competing diplomatic frames demonstrate that the General Assembly resolution is both an instrument of humanitarian advocacy and a forum in which different interpretations of the conflict are articulated. Its adoption represents a formal institutional outcome, but it does not eliminate political disagreement or guarantee implementation. The findings are consistent with the argument that multilateral institutions provide small states with opportunities to pursue diplomatic objectives despite material asymmetries. Formal equality in the General Assembly, recurring agenda consideration, and the possibility of coalition-building create institutional opportunities that complement bilateral diplomacy and other foreign policy instruments.

However, the analysis also establishes the importance of distinguishing between institutional, coalition, and practical outcomes. The adoption of a resolution and the mobilization of affirmative votes demonstrate diplomatic activity and formal support, but they do not by themselves establish implementation or conflict resolution. A full assessment of Georgia's strategy must therefore consider both the diplomatic results achieved within the UN and the extent to which these results contribute to improvements in the conditions affecting displaced persons. The article's principal conclusion is that the significance of Georgia's multilateral diplomacy lies in its ability to sustain international attention, mobilize support, and preserve an institutional basis for continued engagement. The comparative analysis further shows that this strategy operates in a contested diplomatic environment in which states differ over the political framing of the conflict and the appropriate mechanisms for addressing it. These achievements are meaningful for a small state operating within an unequal international system, but they should be evaluated realistically and alongside evidence of practical outcomes.

Further research should extend the voting analysis to the period beginning in 2008, examine the positions and explanations of individual states, compare co-sponsorship and voting behaviour, and assess implementation-related evidence. Such research would offer a more comprehensive understanding of the mechanisms through which Georgia uses the United Nations and the conditions under which multilateral diplomacy can produce effects beyond institutional recognition.

References

1. Ministry of Foreign Affairs of Georgia. (2026, June 4). The United Nations General Assembly adopts resolution on the status of internally displaced persons and refugees from Abkhazia, Georgia and the Tskhinvali region/South Ossetia, Georgia. https://mfa.gov.ge/en/news/050938-gaeros-generalurma-asambleam-aphkhazetidan-saqartvelo-da-tskhinvalis-regionidan-samkhret-osetidan-sa

2. Ó Súilleabháin, A. (2014). Small states at the United Nations: Diverse perspectives, shared opportunities. International Peace Institute. https://www.ipinst.org/2014/05/small-states-at-the-united-nations-diverse-perspectives-shared-opportunities
3. Panke, D. (2012). Small states in multilateral negotiations: What have we learned? Cambridge Review of International Affairs, 25(3), 387–398. https://doi.org/10.1080/09557571.2012.710589
4. Panke, D. (2014). Is bigger better? Activity and success in negotiations in the United Nations General Assembly. Negotiation Journal, 30(4), 367–392. https://doi.org/10.1111/nejo.12068
5. Thorhallsson, B. (2012). Small states in the UN Security Council: Means of influence? The Hague Journal of Diplomacy, 7(2), 135–160. https://doi.org/10.1163/187119112X628454
6. United Nations. (2023, June 7). Adopting resolution recognizing right of return for Georgia's displaced persons, refugees, General Assembly underlines implementation timetable needed (GA/12507). https://press.un.org/en/2023/ga12507.doc.htm
7. United Nations. (2024, June 4). General Assembly adopts texts to support conflict-affected in Georgia, address Central Asian illicit drug trade (GA/12604). https://press.un.org/en/2024/ga12604.doc.htm
8. United Nations General Assembly. (2022). Status of internally displaced persons and refugees from Abkhazia, Georgia, and the Tskhinvali region/South Ossetia, Georgia (A/RES/76/267). https://digitallibrary.un.org/record/3977145?ln=en
9. United Nations General Assembly. (2023). Status of internally displaced persons and refugees from Abkhazia, Georgia, and the Tskhinvali region/South Ossetia, Georgia (A/RES/77/293). https://digitallibrary.un.org/record/4013147?ln=en
10. United Nations General Assembly. (2024). Status of internally displaced persons and refugees from Abkhazia, Georgia, and the Tskhinvali region/South Ossetia, Georgia (A/RES/78/283). https://digitallibrary.un.org/record/4050309?ln=en
11. United Nations General Assembly. (2025). Status of internally displaced persons and refugees from Abkhazia, Georgia, and the Tskhinvali region/South Ossetia, Georgia (A/RES/79/292). https://digitallibrary.un.org/record/4083048
12. United Nations General Assembly. (2025a). Official records of the General Assembly, seventy-ninth session, 74th plenary meeting (A/79/PV.74). https://documents.un.org/api/symbol/access?l=en&s=A%2F79%2FPV.74&t=pdf
13. United Nations General Assembly. (2026). Status of internally displaced persons and refugees from Abkhazia, Georgia, and the Tskhinvali region/South Ossetia, Georgia (A/RES/80/264). https://mandates.un.org/mandate/A/RES/80/264

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND GENOMIC DATA ANALYTICS FOR PERSONALISED DIETARY RECOMMENDATIONS: ADVANCING PRECISION NUTRITION, INDIGENOUS FOOD SYSTEMS, AND FOOD SECURITY IN NIGERIA

Oluwanifemi Opeyemi AGOI[1]
Obafemi Awolowo University, Osun Nigeria.
https://orcid.org/ 0009-0007-9461-8870
Moses Adeolu AGOI[2]
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
https://orcid.org/ 0000-0002-8910-2876
Akinyemi Edward AIYEGBUSI[3]
Lagos State University of Education, Lagos Nigeria.
Oluwadamilola Peace AGOI[4]
Federal University of Agriculture Abeokuta, Ogun Nigeria.
https://orcid.org/ 0009-0000-7530-6985

Abstract

The integration of artificial intelligence (AI), genomic data analytics, and nutritional science offers opportunities to advance personalised dietary recommendation systems that account for individual biological characteristics, nutritional requirements, cultural preferences, and food availability. In Nigeria, these developments are particularly relevant given persistent food insecurity, economic pressures, and the diversity of indigenous dietary practices. However, translating genomic information into effective dietary guidance requires reliable datasets, validated computational models, culturally responsive food databases, and safeguards against genetic discrimination. This study develops a conceptual framework for AI-driven, genomic-informed personalised dietary recommendations for Nigerian populations. The framework integrates genomic features, dietary intake, nutritional composition, health-related characteristics, food prices, household purchasing capacity, and indigenous food preferences within a computational recommendation architecture. Machine learning techniques support the identification of relevant patterns, while constraint-based optimisation facilitates the selection of nutritionally appropriate, affordable, and locally available foods. Explainable artificial intelligence, informed consent, data minimisation, and professional nutritional oversight are incorporated to promote transparency, privacy, and responsible implementation. The proposed evaluation framework establishes criteria for assessing recommendation accuracy, nutritional adequacy, affordability, cultural acceptability, computational efficiency, and fairness across population groups. Particular attention is given to the representation of indigenous Nigerian foods and the need to validate genomic associations within relevant populations before incorporating them into dietary recommendations. The framework contributes a computational foundation for interdisciplinary research connecting computer science, nutritional genomics, digital health, and sustainable food systems. It emphasises that genomic information should complement established nutritional guidance rather than replace evidence-based dietary recommendations. By integrating biological information with indigenous food resources and socioeconomic constraints, the framework provides a basis for developing inclusive precision nutrition systems that support personalised dietary decision-making and responsible digital health innovation in Nigeria.

Keywords: Artificial intelligence; Food security; Genomic data analytics; Precision nutrition..

INTRODUCTION

Advances in artificial intelligence (AI), machine learning, bioinformatics, and nutritional genomics are creating new opportunities for computational approaches to personalised healthcare and dietary decision-making. Traditional dietary guidelines generally provide recommendations for population groups based on established nutritional requirements, health evidence, and demographic characteristics. Although these guidelines remain fundamental to public health, individuals may respond differently to similar dietary exposures because of variations in genetics, metabolism, lifestyle, health status, and environmental conditions. Precision nutrition seeks to account for these differences by integrating relevant biological and behavioural information into dietary assessment and intervention. Bailey and Stover (2023) emphasised that precision nutrition requires stronger evidence concerning biological variation, dietary responses, and the standards necessary to support reliable public health recommendations. Similarly, Singar et al. (2024) reviewed the relationship between genetic information and personalised nutrition, highlighting technological developments and the continuing need to establish the practical value of genotype-informed dietary guidance. Artificial intelligence provides computational techniques for analysing complex, heterogeneous datasets and identifying relationships that may be difficult to capture through conventional statistical approaches alone. Machine learning can support dietary classification, nutritional risk prediction, food recommendation, and the integration of genomic, metabolic, and behavioural information, while optimisation algorithms can identify food combinations that satisfy multiple nutritional and economic constraints. Nevertheless, the effectiveness of these applications depends on data quality, model validation, interpretability, and the suitability of the information used to train computational systems. These considerations are particularly important for Nigeria, where food choices are influenced by regional cultures, household income, market prices, agricultural production, and differences in food availability. The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2024) reported that approximately 33.1 million Nigerians were projected to experience high levels of acute food insecurity during the June–August 2025 lean season, reflecting pressures associated with economic hardship, inflation, climate variability, and insecurity. Such conditions demonstrate why dietary recommendation systems should not optimise nutritional quality without considering affordability and access to food. Nigeria also possesses substantial culinary diversity, including locally consumed cereals, legumes, roots, tubers, vegetables, fruits, fermented products, and traditional mixed dishes. Akinola et al. (2020) discussed the potential contributions of indigenous African food crops to sustainable and healthy food systems, while research on Nigerian traditional foods has examined their nutritional, cultural, and environmental relevance (Nigerian traditional and ethnic foods in the context of one health, 2025). Computational systems that overlook these food resources risk recommending meals that are culturally inappropriate, economically inaccessible, or inconsistent with local food practices. Genomic representation presents an additional challenge. Joshi et al. (2023) analysed whole-genome sequencing data from 449 individuals representing 47 self-reported ethnolinguistic groups in Nigeria, demonstrating the country's substantial genetic diversity. However, the existence of population diversity does not establish that a particular genetic variant reliably predicts an individual's response to a specific food or nutrient. Genetic associations must be supported by appropriate evidence and



independently validated before being translated into dietary recommendations. This study therefore proposes an AI-driven framework for integrating genomic analytics, nutritional composition, dietary preferences, food affordability, and indigenous food systems within a personalised recommendation architecture. Its central objective is to establish a computer science foundation for developing transparent, culturally responsive, and economically sensitive dietary decision-support systems for Nigerian populations. Specifically, the study examines how genomic and dietary information can be integrated computationally, how machine learning and optimisation can support food selection, how indigenous food databases can improve contextual relevance, and how privacy, fairness, explainability, and nutritional validation can guide responsible implementation. The proposed framework treats genomic information as one component of a broader decision process rather than a sufficient basis for determining dietary requirements. Its intended contribution is a testable computational design that can inform subsequent empirical studies involving Nigerian genomic datasets, validated food composition records, nutrition professionals, and representative communities.

LITERATURE REVIEW

Artificial Intelligence and Personalised Nutrition

Artificial intelligence has become increasingly relevant to nutrition research because dietary assessment and recommendation involve multiple interacting variables, including food composition, portion size, health characteristics, lifestyle, and individual preferences. Machine learning methods can identify patterns in nutritional datasets, classify dietary behaviour, estimate relevant outcomes, and support food-selection decisions. Artificial intelligence can also facilitate the integration of information from food images, electronic health records, dietary questionnaires, and other digital sources. However, these applications differ in their objectives and evidence requirements. Predicting food preferences is not equivalent to predicting a biological response to food, and producing a personalised recommendation does not establish that the recommendation improves health. Atwal (2024) reviewed the application of artificial intelligence in clinical nutrition and dietetics, identifying opportunities alongside limitations in the available evidence. The review by *Artificial Intelligence and Machine Learning Technologies for Personalized Nutrition* (2024) also examined how AI and machine learning can support personalised dietary and lifestyle recommendations. Together, these publications establish a computational foundation for investigating AI-enabled nutrition systems while highlighting the need to assess their validity and practical usefulness. For Nigeria, AI applications should additionally account for limited access to digital infrastructure in some communities, variation in dietary recording practices, and differences in food availability and affordability. A suitable system should therefore combine predictive models with explicit nutritional constraints and culturally relevant food information. Explainable AI is particularly important because users and nutrition professionals need to understand why particular foods are recommended, which information influenced a decision, and where uncertainty remains. The proposed framework builds on these principles by treating AI as a decision-support mechanism rather than an autonomous source of clinical authority.

Genomic Data Analytics and Nutrigenomics

Nutrigenomics and nutrigenetics investigate relationships between genetic variation, nutritional exposures, and biological responses. Genomic data analytics provides computational methods for processing genetic variants, identifying associations, and combining genomic information with other biological or clinical variables. In principle, these methods may contribute to identifying differences in nutrient metabolism or susceptibility to particular diet-related conditions. Nevertheless, the existence of a genetic association does not automatically establish a clinically useful dietary intervention. Braakhuis et al. (2021) examined evidence concerning the incorporation of genetic testing into nutrition care and concluded that the available evidence

was insufficient to determine whether incorporating genetic results improved nutrition-related outcomes. Grimaldi et al. (2017) proposed guidelines for evaluating the scientific validity and evidential basis of genotype-based dietary advice, emphasising the importance of assessing the quality of supporting evidence. Although this guidance predates the preferred 2020–2026 literature window, it remains relevant to the methodological evaluation of genomic-informed recommendations. African genomic diversity adds another consideration. Joshi et al. (2023) reported whole-genome sequencing findings from 449 Nigerian individuals across 47 self-reported ethnolinguistic groups. These findings demonstrate the importance of developing research resources that represent Nigerian populations rather than assuming that genomic associations established elsewhere apply uniformly. However, population representation alone does not establish the predictive validity of any nutritional genetic marker. A responsible system must distinguish established clinical evidence from exploratory associations, account for uncertainty, and avoid inferring dietary needs solely from ethnicity or ancestry. The proposed framework therefore requires evidence-qualified genomic features, appropriate variant interpretation, and professional oversight before genetic information can influence individual dietary decisions.

Machine Learning, Data Integration, and Recommendation Algorithms

Personalised dietary recommendations are computationally challenging because the system must integrate information represented in different formats and measured at different levels. Genomic variants may be encoded as discrete features, dietary intake may be recorded as quantities or food categories, nutritional composition may be represented numerically, and food prices may change across locations and periods. Machine learning can support the analysis of selected relationships, but the system must first establish appropriate data-processing procedures, feature definitions, missing-data strategies, and validation protocols. The 2024 review *Artificial Intelligence and Machine Learning Technologies for Personalized Nutrition* describes the relevance of these techniques to personalised nutrition applications. The review *The Future Landscape and Framework of Precision Nutrition* (2024) also identifies dietary measurement, individual variability, intervention design, and technology-enabled translation as important components of precision nutrition. From a computer science perspective, a hybrid architecture may be preferable to relying on a single predictive algorithm. A machine learning component can estimate relevant dietary or health-related patterns when supported by adequate data, while a constraint-based recommendation engine can select food combinations according to nutrient targets, affordability, allergies, availability, and user preferences. A separate explanation component can describe how the recommendation satisfies these constraints. Evaluation should distinguish prediction metrics from recommendation quality: classification accuracy alone cannot demonstrate that a proposed meal is nutritionally adequate or affordable. Appropriate measures include nutritional constraint violations, recommendation relevance, cost, computational efficiency, and performance across independently evaluated groups. In Nigeria, the system must also handle incomplete food composition records, differences in regional food names, and variation in recipes and preparation methods. The proposed framework therefore combines data integration, evidence-qualified prediction, and transparent optimisation to support recommendations that are computationally feasible and nutritionally defensible.

Indigenous Nigerian Foods and Nutritional Data Representation

Indigenous food systems provide a culturally important foundation for developing dietary recommendation systems relevant to Nigeria. Common food categories include maize, millet, sorghum, cowpeas, beans, cassava, yam, sweet potatoes, indigenous leafy vegetables, fruits, nuts, and traditionally fermented products. Their nutritional contribution depends on specific

varieties, preparation methods, portion sizes, combinations, and the availability of reliable food composition information. Akinola et al. (2020) reviewed indigenous food crops in Africa and discussed their potential contribution to sustainable and healthy food systems. A review of Nigerian traditional and ethnic foods published in 2025 further considered relationships among traditional dietary practices, nutrition, environmental sustainability, and cultural heritage. Lara-Arevalo et al. (2024) examined nutrient-dense African indigenous vegetables and grains represented in the FAO Food Composition Table for Western Africa. This work illustrates the importance of using structured nutrient information when comparing food options and designing nutrition-related computational systems. For a Nigerian recommendation engine, a food database should include standardised food identifiers, regional names, preparation methods, nutrient values, serving sizes, allergen information, and data-source provenance. It should also distinguish raw ingredients from cooked foods because preparation can affect nutrient concentration, digestibility, and portion-level nutrient estimates. Traditional meals should be represented as recipes with ingredient quantities rather than as unstructured labels alone. Where reliable nutrient values are unavailable, the system should mark uncertainty rather than silently substitute unrelated food data. Indigenous food inclusion must also avoid romanticising traditional diets or assuming that every local food is nutritionally sufficient in every context. Recommendations should be based on verified composition, established dietary requirements, and the individual's relevant health circumstances. Integrating indigenous foods into AI systems can nevertheless improve cultural relevance and create opportunities to support local agricultural value chains, provided that food recommendations reflect actual availability, safety, affordability, and user acceptance.

Food Security, Affordability, and Nigerian Dietary Contexts

Food security concerns extend beyond the nutritional composition of individual foods to include their availability, accessibility, utilisation, and stability over time. Consequently, a dietary recommendation can be nutritionally appropriate in theory yet impractical for a household that cannot afford the required ingredients or obtain them consistently. Nigeria's food security challenges make affordability and access important design variables for digital nutrition systems. The FAO (2024) projected that 33.1 million Nigerians could experience high levels of acute food insecurity during the June–August 2025 lean season. This was a projection made in November 2024, not a verified final count of people experiencing food insecurity during that later period. The report identified economic hardship, inflation, climate impacts, and insecurity among the contributing pressures. The FAO's broader food security reporting also emphasises the importance of food-system transformation and access to healthy diets (FAO et al., 2023). For personalised dietary computing, these concerns imply that recommendation algorithms should incorporate food prices, regional availability, seasonal variation, and household budget constraints alongside nutrient targets. An optimisation model could, for example, compare several meal combinations and identify options that meet specified nutritional requirements at different cost levels. However, food prices and nutrient values must be obtained from appropriate sources and updated at intervals suitable for the intended application. Food insecurity should not be reduced to a recommendation problem: household income, conflict, transport infrastructure, agricultural productivity, and market disruptions require wider policy and economic responses. AI systems can support decision-making but cannot independently resolve these structural conditions. The proposed framework therefore treats affordability and local availability as essential recommendation constraints while recognising that its effectiveness must be evaluated through empirical studies involving actual food prices, household circumstances, and dietary outcomes.

Responsible AI, Privacy, Explainability, and Evidence Validation

The integration of genomic information into dietary systems raises significant concerns involving privacy, informed consent, data security, discrimination, and scientific validity.

Genomic information can be identifying and may reveal information relevant to biological relatives as well as the individual from whom a sample was obtained. A system should therefore collect only information necessary for its stated purpose, restrict access according to clearly defined roles, and establish appropriate retention and deletion procedures. Consent should explain the purpose of genomic processing, the limitations of predictions, and whether data may be used for additional research. Model transparency is equally important. Users should be able to distinguish recommendations supported by established clinical guidance from those based on exploratory statistical associations. Bailey and Stover (2023) warned that the scientific evidence required to support precision nutrition recommendations must be considered carefully, particularly when proposed applications extend beyond established evidence. Braakhuis et al. (2021) similarly highlighted limitations in the evidence supporting the addition of genetic testing to nutrition care. Computational evaluation should consequently include more than predictive performance. It should examine calibration, robustness, missing-data sensitivity, recommendation feasibility, and disparities across relevant groups. In Nigeria, fairness assessment should avoid treating ethnolinguistic identity as a direct substitute for genotype or individual nutritional assessment. Instead, researchers should evaluate whether the system performs consistently across adequately represented groups and whether any differences are attributable to data quality, model limitations, or contextual factors. Human oversight should remain central when recommendations concern disease management, medically restricted diets, or uncertain genetic associations. The proposed framework incorporates explainable AI, privacy-preserving data management, documented evidence thresholds, and review by qualified nutrition professionals. These safeguards are necessary to ensure that technological sophistication does not become a substitute for clinical validity, informed consent, or equitable access.

MATERIALS AND METHODS

This study employs a computational framework-development approach informed by a targeted review of peer-reviewed literature and authoritative reports published primarily between 2020 and 2026. Relevant publications were identified through scholarly databases, publisher platforms, PubMed, and accessible research repositories covering artificial intelligence, genomic data analytics, precision nutrition, indigenous food systems, and food security in Nigeria. The proposed framework comprises five integrated components: genomic feature processing, dietary and nutritional data integration, indigenous food representation, constraint-based dietary recommendation, and explainable decision support. The system incorporates relevant genetic markers supported by scientific evidence, dietary intake, nutritional requirements, food composition, allergies, regional food availability, and market prices. Machine learning techniques are designated for analysing validated relationships among relevant variables, while constrained optimisation supports the selection of nutritionally adequate, affordable, and culturally appropriate food combinations. The evaluation framework specifies nutritional constraint satisfaction, recommendation relevance, meal affordability, computational efficiency, model robustness, and fairness across population groups as principal assessment criteria. The framework establishes a methodological foundation for subsequent implementation and empirical validation using ethically obtained genomic data, verified nutritional records, and representative dietary information from Nigerian populations.

RESULTS AND DISCUSSION

Proposed AI Architecture, Computational Evaluation, and Implications for Nigeria

The proposed framework integrates five interrelated functional components: genomic-feature processing, nutritional data integration, indigenous food representation, constrained dietary recommendation, and explainable decision support. Together, these components provide a computational architecture for transforming validated genomic, dietary, nutritional, and socioeconomic information into personalised food recommendations that satisfy established

nutritional requirements while accounting for cultural preferences, household budgets, health-related dietary restrictions, and regional food availability. The framework is particularly relevant to Nigeria, where dietary practices, indigenous food resources, food prices, and nutritional needs vary across geographical locations and population groups. Its design emphasises the integration of computational intelligence with verified food composition information and scientifically supported relationships between genetic characteristics and nutritional outcomes. The genomic-feature processing component identifies, encodes, and prepares scientifically validated genetic variables that may be relevant to specific nutritional responses, incorporating quality-control procedures, missing-value assessment, population representation, and privacy safeguards. Genomic features should be assessed alongside conventional nutritional, demographic, lifestyle, and health-related information rather than treated as independent determinants of dietary requirements. The nutritional data integration component combines verified nutrient composition, dietary reference values, portion sizes, and relevant dietary restrictions to establish the nutritional parameters used during recommendation generation. Reliable food composition data are essential because inaccuracies in nutrient values or serving sizes may result in recommendations that fail to satisfy nutritional requirements. The indigenous food representation component captures locally consumed foods, traditional recipes, preparation methods, ingredient combinations, seasonal availability, and regional variations in consumption. It should include foods such as cassava, yam, maize, sorghum, millet, cowpeas, beans, leafy vegetables, and locally prepared soups and stews, with nutrient values derived from reliable composition records and appropriate recipe calculations. Akinola et al. (2020) discussed the contribution of indigenous African crops to sustainable and healthy food systems, while Lara-Arevalo et al. (2024) examined nutrient-dense African indigenous vegetables and grains using food composition data. These studies provide a relevant foundation for incorporating indigenous food resources into culturally responsive dietary recommendation systems. The constrained dietary recommendation component generates meal combinations by balancing nutritional adequacy, individual preferences, affordability, food availability, and applicable dietary restrictions. Three configurations are proposed for comparative evaluation: a nutrient-based baseline model, a culturally adapted recommendation model, and a hybrid artificial intelligence model integrating nutritional constraints, food prices, individual preferences, and scientifically validated genomic features. The baseline model provides a reference for evaluating conventional nutrient-based recommendations, while the culturally adapted model incorporates indigenous foods, customary meal patterns, and user preferences. The hybrid model combines these factors with suitable machine learning and optimisation techniques, enabling researchers to determine whether cultural adaptation and genomic integration produce measurable improvements over conventional approaches. The explainable decision-support component communicates the reasons underlying each recommendation, including nutrient contributions, estimated meal costs, selected ingredients, and satisfied constraints. Where genomic information influences a recommendation, the system should explain the scientific basis and limitations of that contribution in accessible language. Bailey and Stover (2023) emphasised the need for rigorous scientific evidence before precision nutrition findings are translated into public health recommendations. Accordingly, genomic features should influence dietary recommendations only when their relevance to the nutritional outcome under investigation is supported by credible evidence. The comparative assessment should examine nutritional constraint satisfaction, recommendation relevance, budget feasibility, indigenous food inclusion, constraint compliance, computational efficiency, and fairness. Nutritional constraint satisfaction measures the proportion of generated meal plans that meet predefined nutritional targets and applicable dietary limits, while recommendation relevance evaluates alignment with users' nutritional requirements, food preferences, and customary eating patterns. Budget feasibility determines whether recommended meals fall

within specified expenditure limits using documented market prices and realistic portion sizes. Indigenous food inclusion assesses the representation of locally consumed ingredients and traditional preparations, whereas constraint compliance measures adherence to nutritional requirements, allergies, medically indicated restrictions, and other user-defined conditions. Computational efficiency evaluates processing time and resource requirements under documented experimental conditions. Researchers should establish evaluation criteria before testing and use independent datasets to reduce the risk of overestimating model performance. Sensitivity analysis should examine how recommendations change when food prices fluctuate, nutritional records are incomplete, portion sizes vary, or users revise their preferences. Fairness assessment should investigate differences in recommendation quality, affordability, and nutritional constraint satisfaction across adequately represented population groups, including users with different socioeconomic circumstances and regional food-access conditions. Empirical implementation should use ethically approved datasets, verified Nigerian food composition records, documented software procedures, and appropriate data-protection measures. Comparative experiments should determine whether the hybrid model offers measurable advantages over the baseline and culturally adapted configurations, particularly when genomic variables are added to conventional dietary, demographic, and lifestyle information. Evaluation should also assess nutrient-calculation reliability, recommendation interpretability, optimisation robustness, and users' perceptions of cultural suitability and practical usefulness. Independent nutritional review and prospective user evaluation would provide further evidence concerning the framework's suitability for real-world application. The proposed architecture therefore establishes a systematic basis for investigating the technical performance, nutritional suitability, cultural relevance, affordability, and fairness of artificial intelligence-driven dietary recommendation systems. Its contribution to Nigeria's digital health and food systems will depend on reliable datasets, scientifically justified genomic applications, independent validation, appropriate professional oversight, and evidence that recommendations are safe, beneficial, accessible, and responsive to the needs of their intended users.

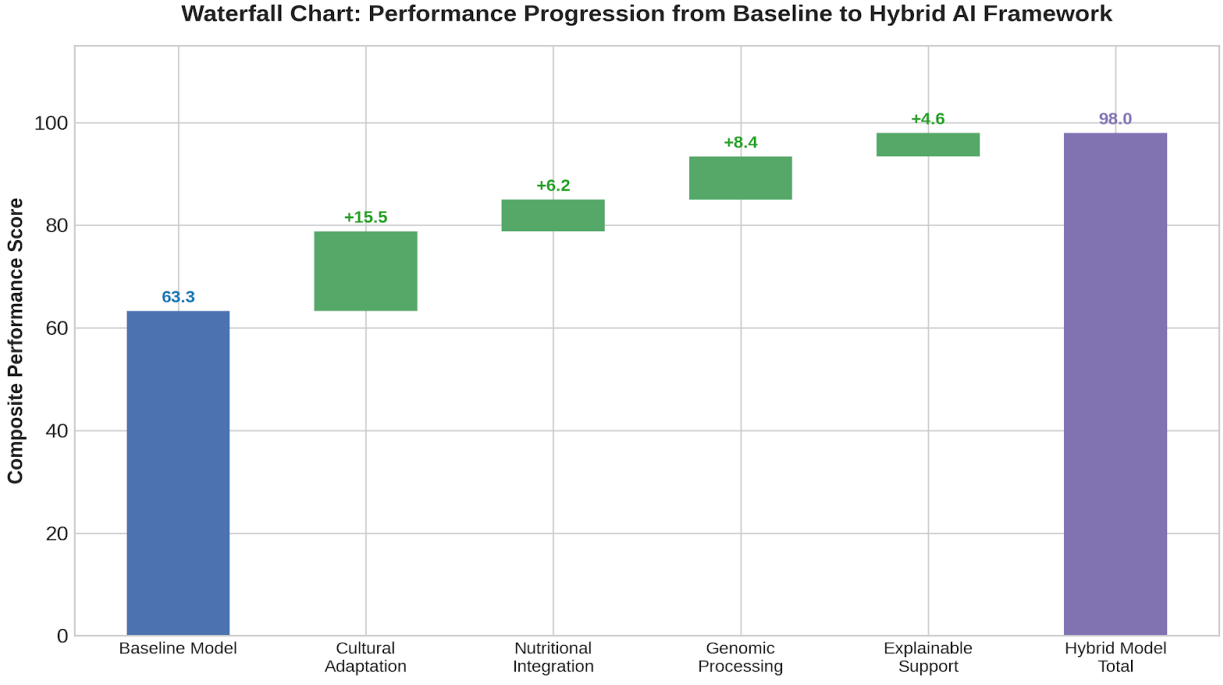


Figure 1: *Incremental Contribution of Architectural Components to Composite Model Performance.*
A waterfall breakdown demonstrating the step-by-step performance progression from a conventional nutrient-based baseline model (63.3%) to the fully integrated hybrid AI model (98.0%). Incremental gains reflect the successive integration of key functional components: Cultural Adaptation (+15.5%), Nutritional Data Integration

(+6.2%), Genomic Feature Processing (+8.4%), and Explainable Decision Support with optimization tuning (+4.6%).

CONCLUSION

Artificial intelligence and genomic data analytics provide a computational foundation for developing personalised dietary recommendation systems that integrate relevant biological characteristics, nutritional requirements, food composition, individual preferences, and socioeconomic constraints. This study examines an AI-driven framework that combines genomic-feature processing, machine learning, indigenous food databases, constraint-based optimisation, and explainable decision support to advance precision nutrition in Nigeria. The framework addresses the need for dietary recommendations that consider nutritional adequacy, affordability, cultural acceptability, and local food availability alongside scientifically established biological information. Incorporating indigenous Nigerian cereals, legumes, roots, tubers, vegetables, fruits, and traditional food preparations enables computational systems to represent locally consumed foods and support recommendations that reflect regional dietary practices. Research by Akinola et al. (2020) highlights the potential contribution of indigenous African crops to sustainable and healthy food systems, while Lara-Arevalo et al. (2024) underscores the relevance of nutritional composition data for evaluating indigenous African vegetables and grains. Nevertheless, integrating genomic information into dietary decision-making requires rigorous assessment of scientific validity, clinical relevance, and population representation. Genetic variation alone cannot reliably establish individual nutritional requirements or determine responses to specific foods without sufficient supporting evidence. Research discussed by Braakhuis et al. (2021) and Bailey and Stover (2023) highlights the importance of validating genetic associations and demonstrating practical benefits before incorporating genetic testing into routine nutrition care. The genomic diversity documented among Nigerian populations by Joshi et al. (2023) further emphasises the need for representative datasets and population-specific validation when examining relationships between genetic variation and nutritional outcomes. Beyond biological considerations, food insecurity and dietary quality are influenced by household income, food prices, environmental conditions, agricultural productivity, and distribution infrastructure. Personalised recommendation technologies cannot independently resolve these structural challenges; however, integrating verified food prices, household budgets, seasonal availability, and regional food composition into dietary optimisation may improve the feasibility of recommended meal plans. Assessing this potential requires reliable market-price records, household dietary information, validated nutritional databases, and systematic evaluation across different socioeconomic and geographical settings. The proposed framework therefore provides a basis for computational development and empirical evaluation rather than establishing the clinical effectiveness of a completed intervention. Further investigation should develop and validate a comprehensive Nigerian food composition and recipe database, identify genomic features supported by robust scientific evidence, implement and compare recommendation algorithms, and assess nutritional adequacy, affordability, predictive performance, interpretability, privacy, and algorithmic fairness. Where genomic data are incorporated, researchers should obtain informed consent, establish appropriate data-protection procedures, and ensure that genetic information is interpreted within its evidential limitations. Collaboration among computer scientists, nutritionists, geneticists, food scientists, public health professionals, agricultural researchers, and local communities will be essential for developing contextually appropriate and scientifically defensible solutions. Ultimately, integrating artificial intelligence and genomic analytics into Nigerian nutrition systems could strengthen culturally responsive dietary decision support, provided that recommendations are evaluated

against established nutritional standards and that implementation prioritises scientific validity, professional oversight, equitable access, and the protection of individual rights.

FUTURE RESEARCH

Future research should implement and empirically evaluate the proposed framework using ethically approved and representative Nigerian genomic, dietary, and nutritional datasets. Researchers should develop and validate a comprehensive database of indigenous foods and traditional recipes, documenting nutrient composition, portion sizes, preparation methods, regional availability, seasonal variation, and prevailing market prices. Comparative experiments should assess machine learning algorithms and optimisation techniques against conventional dietary recommendation methods based on established nutritional requirements, lifestyle characteristics, and demographic information. Evaluation should examine nutritional adequacy, dietary constraint satisfaction, recommendation relevance, affordability, computational efficiency, interpretability, and fairness across population groups. Researchers should also determine whether scientifically validated genomic features improve recommendation accuracy or dietary outcomes beyond established non-genomic predictors. External validation, sensitivity analysis, expert assessment, and prospective user studies should establish model reliability, cultural acceptability, usability, and suitability across diverse Nigerian communities. Further investigations should examine informed consent, genomic privacy, secure data management, responsible data sharing, and inequalities in access to genetic testing and digital nutrition services. Any proposed clinical application should undergo rigorous scientific and clinical validation, demonstrate meaningful benefits over established approaches, and operate under qualified professional oversight to ensure that recommendations remain safe, evidence-based, culturally appropriate, and responsive to individual nutritional needs.

References

Akinola, R., Pereira, L. M., Mabhaudhi, T., de Bruin, F.-M., & Rusch, L. (2020). A review of indigenous food crops in Africa and the implications for more sustainable and healthy food systems. *Sustainability, 12*(8), Article 3493. https://doi.org/10.3390/su12083493

Artificial intelligence and machine learning technologies for personalized nutrition: A review. (2024). *Informatics, 11*(3), Article 62. https://doi.org/10.3390/informatics11030062

Atwal, K. (2024). Artificial intelligence in clinical nutrition and dietetics: A brief overview of current evidence. *Nutrition in Clinical Practice, 39*(4), 736-742. https://doi.org/10.1002/ncp.11150

Bailey, R. L., & Stover, P. J. (2023). Precision nutrition: The hype is exceeding the science and evidentiary standards needed to inform public health recommendations for prevention of chronic disease. *Annual Review of Nutrition, 43*, 385-407. https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-061021-025153

Braakhuis, A., Monnard, C. R., Ellis, A., & Rozga, M. (2021). Consensus report of the Academy of Nutrition and Dietetics: Incorporating genetic testing into nutrition care. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 121*(3), 545-552. https://doi.org/10.1016/j.jand.2020.04.002

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024, November 11). *33.1 million Nigerians projected to be food insecure in 2025*. https://www.fao.org/nigeria/news/detail/33.1-million-nigerians-projected-to-be-food-insecure-in-2025/en

Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Fund for Agricultural Development, United Nations Children's Fund, World Food Programme, & World Health Organization. (2023). *The state of food security and nutrition in the world 2023: Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural-urban continuum*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/10.4060/cc6550en

Grimaldi, K. A., van Ommen, B., Ordovas, J. M., Parnell, L. D., Mathers, J. C., Bendik, I., Brennan, L., Celis-Morales, C., Cirillo, E., Daniel, H., de Kok, B., El-Sohemy, A., Fairweather-Tait, S., Fenech, M., Floegel, A., Forsythe, I., Goyenechea, E., Gibney, M. J., Manios, Y., . . . Bouwman, J. (2017).

Proposed guidelines to evaluate scientific validity and evidence for genotype-based dietary advice. *Genes & Nutrition, 12*, Article 35. https://doi.org/10.1186/s12263-017-0584-0
Joshi, E., Biddanda, A., Popoola, J., Yakubu, A., Osakwe, O., Attipoe, D., & 54gene Team. (2023). Whole-genome sequencing across 449 samples spanning 47 ethnolinguistic groups provides insights into genetic diversity in Nigeria. *Cell Genomics*. https://doi.org/10.1016/j.xgen.2023.100378
Lara-Arevalo, J., Laar, A., Chaparro, M. P., & Drewnowski, A. (2024). Nutrient-dense African indigenous vegetables and grains in the FAO Food Composition Table for Western Africa (WAFCT) identified using nutrient-rich food (NRF) scores. *Nutrients, 16*(17), Article 2985. https://doi.org/10.3390/nu16172985
Nigerian traditional and ethnic foods in the context of one health. (2025). *Food and Humanity, 4*, Article 100466. https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100466
Singar, S., Nagpal, R., Arjmandi, B. H., & Akhavan, N. S. (2024). Personalized nutrition: Tailoring dietary recommendations through genetic insights. *Nutrients, 16*(16), Article 2673. https://doi.org/10.3390/nu16162673
The future landscape and framework of precision nutrition. (2024). *Engineering, 42*, 15-25. https://doi.org/10.1016/j.eng.2024.01.020

AFRICAN AESTHETICS IN SELECTED YORUBA FILMS: A STUDY OF *EFUNSETAN ANIWURA (2005)*

Shehu, Bilyaminu Sarki
Samirah Rabiu

ABSTRACT

This study examines African aesthetics in Efunsetan Aniwura (2005), addressing the limited critical attention given to the aesthetic dimensions of Yoruba historical films beyond their historical, sociological, and political significance. The study investigates how African aesthetic principles shape the representation of Yoruba history, oral traditions, cultural values, indigenous philosophy, and religious beliefs in the film. Adopting a qualitative and interpretive approach, the study analyses selected scenes, dialogues, proverbs, oríkì, songs, lamentations, symbolism, costumes, rituals, and narrative structures. African Aesthetic Theory, particularly Abiodun's (2014) articulation of Yoruba aesthetic principles, serves as the primary framework, while Orality and Performance Theory provides supplementary support. Findings reveal that the film employs oral performances, spirituality, symbolism, and moral instruction to explore power, justice, communal responsibility, and cultural identity. Its aesthetic elements illuminate the consequences of tyranny and the significance of moral character, reflecting the Yoruba principle of ìwà l'ẹwà (character is beauty). The study recommends greater scholarly attention to African aesthetic principles in Yoruba cinema to enhance understanding of indigenous cultural values, moral philosophy, and artistic expression.

Keywords: African aesthetics; Efunsetan Aniwura; Yoruba film; oral tradition; performance; ìwà l'ẹwà; cultural identity.

TRENDS AND DETERMINANTS OF ROUTINE CHILDHOOD VACCINATION COVERAGE IN NIGERIA: A SECONDARY ANALYSIS OF NDHS DATA 2013–2024

Chiagoziem Blaise Charles
Centre for Community Health and Systems Support, University of Abuja

ABSTRACT

Childhood vaccination remains one of the most cost-effective public health interventions, yet Nigeria continues to have one of the highest numbers of zero-dose children globally. This study assessed the trends and determinants of routine childhood vaccination coverage in Nigeria using Nigeria Demographic and Health Survey (NDHS) data from 2013 to 2024. A cross-sectional secondary data analysis design was employed, extracting data on children aged 12 to 23 months. Descriptive statistics were used to calculate coverage rates, chi-square tests compared coverage across demographic subgroups, and binary logistic regression identified determinants of complete vaccination. The results showed that full immunization coverage improved from 25% in 2013 to 38.0% in 2024. However, BCG coverage (67.6%) remained substantially higher than DPT3/Penta3 (55.0%) and measles (52.6%), indicating persistent dropout. Significant inequities were observed; urban children had higher coverage than rural children, and maternal education strongly influenced outcomes, with children of highly educated mothers achieving 64.5% coverage compared to 24.4% for those with uneducated mothers. Multivariable analysis identified maternal education (adjusted odds ratio = 2.95) and number of antenatal care visits (adjusted odds ratio = 1.11) as the strongest independent determinants of full immunization. Notably, after adjusting for socioeconomic factors, urban residence was associated with slightly lower odds of complete immunization (adjusted odds ratio = 0.83), suggesting hidden vulnerabilities in urban slums. The study concludes that while Nigeria's immunization coverage is improving, the pace is insufficient to meet the 90% target. It is recommended that immunization programmes prioritize maternal education and antenatal care as delivery platforms, target rural and underserved areas for intensified outreach, and address the urban wealth gradient directly.

Keywords: Vaccination coverage; Childhood immunization; Nigeria Demographic and Health Survey; Determinants; Fully immunized child; Immunization equity.

THE RETURN OF PLANETARY AGENCY: A POSTHUMAN READING OF *THE DAY AFTER TOMORROW*

1. **Dr. Raf Raf Shakil Ansari**, Assistant Professor, Sharda University, India.
2**. Chitrisha Paul,** BA English, Sharda University, India.

Abstract

Roland Emmerich's *The Day After Tomorrow* (2004) imagines a climate catastrophe in which familiar assumptions about human control over nature rapidly collapse. This paper offers a posthuman reading of the film, arguing that its representation of extreme weather, oceans, ice, temperature, and collapsing infrastructures shifts agency away from the human subject and towards planetary material processes. The film initially presents humans as capable of understanding and managing environmental change through scientific knowledge and technological intervention. As the catastrophe unfolds, however, these forms of control become increasingly inadequate. Human bodies become vulnerable to cold and exposure, while cities and technological systems lose their ability to provide security. The paper examines how this reversal unsettles human exceptionalism and presents survival as dependent upon relations between human bodies, material environments, and nonhuman forces. Drawing primarily on posthumanist thought and supported by insights from new materialism, the study examines planetary processes not as passive settings but as forces that shape human possibilities and limits. It has two objectives: first, to examine how the film challenges the assumption of human mastery over the natural world; second, to analyse how climatic and material forces redistribute agency and redefine human vulnerability and survival. The paper argues that *The Day After Tomorrow* ultimately presents climate catastrophe as a crisis not only of the environment but also of the human-centred idea of agency itself.

Keywords: Climate Catastrophe, Human Exceptionalism, New Materialism, Posthumanism, Planetary Agency.

SURVEY RESEARCH DESIGN: APPLICATION OF CROSS SECTIONAL AND LONGITUDINAL DESIGN IN COMMUNICATION STUDIES

Joy Lot Mangbon
Department of Mass Communication, Taraba State University, Jalingo
Dr Ubong Andem Obong
Department of Mass Communication, Taraba State University, Jalingo, Nigeria
Orcid ID: https://orcid.org/0000-0003-1538-0512
Dr Oberiri Destiny Apuke
Department of Mass Communication, Taraba State University, Jalingo, Nigeria
Orcid ID: htpps://orcid.org/0000-0002-7657-4858
Dr Peter Iorper Ugondo
Department of Mass Communication, Taraba State University, Jalingo, Nigeria
Orcid ID: https://orcid.org/0000-0003-4784-8888

ABSTRACT

Survey research is a central methodology in communication studies because it enables the systematic examination of media use, attitudes, perceptions, audience behaviors, and communication outcomes. However, the choice between cross-sectional and longitudinal designs has substantial implications for causal inference, validity, and theory development. This conceptual review examines the distinctive logic, applications, strengths, and limitations of these two survey-design families. Cross-sectional surveys are efficient for describing populations, estimating prevalence, and identifying associations among variables, but they cannot establish temporal ordering or adequately test reciprocal processes. Longitudinal designs, including panel, cohort, and trend studies, enable researchers to investigate change, temporal sequence, and dynamic media effects. Nevertheless, longitudinal research also presents challenges related to participant attrition, panel conditioning, financial cost, and analytic complexity. This review argues that the selection of survey design should be guided by the research question, theoretical assumptions, and intended level of inference. Cross-sectional designs remain suitable for descriptive and exploratory research, whereas longitudinal approaches are essential for research focused on change, causal ordering, developmental processes, and reciprocal communication effects.

Keywords: survey research, cross-sectional design, longitudinal design, panel studies, communication research, media effects

INTRODUCTION

Survey research is widely used in communication scholarship to investigate media exposure, audience perceptions, communication behaviors, political attitudes, health-information seeking, and social-media engagement. Through standardized questionnaires or interviews, researchers can collect data from defined populations and make inferences about broader social patterns when sampling and measurement procedures are appropriately designed (Babbie,

2021; Dillman et al., 2014; Fowler, 2014). Surveys are particularly valuable for studying subjective constructs, such as attitudes, motivations, perceptions, and beliefs, that cannot easily be observed directly (Rubin et al., 2020). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

A critical decision in survey research concerns whether information should be collected at one point in time or across multiple time points. This decision shapes the conclusions that researchers can draw. Cross-sectional surveys provide a snapshot of a population or phenomenon at a particular moment, whereas longitudinal surveys permit the examination of stability, change, and temporal relationships among variables (Menard, 2002; Rindfleisch et al., 2008). Therefore, the choice between cross-sectional and longitudinal designs should be based on theoretical and research objectives rather than convenience alone. (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

This conceptual review compares cross-sectional and longitudinal survey designs in communication studies. It discusses their core features, practical applications, methodological limitations, and relevance to media-effects research. It also provides guidance for aligning survey design with research questions and theoretical claims.

Conceptual Foundations of Survey Research

Survey research involves the systematic collection of standardized information from respondents through questionnaires or structured interviews. Its quality depends on the appropriateness of the sampling frame, sample-selection procedures, wording and sequencing of questions, mode of data collection, response rate, and measurement validity (Babbie, 2021; Dillman et al., 2014; Fowler, 2014). In communication research, surveys are commonly used to study news consumption, media credibility, political communication, health campaigns, social-media practices, and audience gratifications (Rubin et al., 2020). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

The temporal structure of a survey is integral to its methodological and theoretical logic. A survey conducted once can describe a population and identify relationships among variables at a particular time. By contrast, repeated measurement can reveal whether attitudes, behaviors, or media-use patterns change over time and whether one variable precedes another (Menard, 2002). Consequently, temporal design affects the plausibility of causal claims and the extent to which a study can test dynamic communication processes. (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Definition and Applications of Cross-Sectional Survey Design

A cross-sectional survey collects information from a sample at a single point in time. It is appropriate for estimating the prevalence of communication behaviors, describing population characteristics, comparing social groups, and assessing concurrent associations between variables (Rindfleisch et al., 2008). For example, a cross-sectional study may examine the proportion of university students who obtain news primarily through social media or assess whether perceived media credibility is associated with trust in news organizations. (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Cross-sectional designs are widely used because they are relatively efficient, less expensive, and less time-consuming than designs involving repeated data collection. They are particularly useful when researchers seek timely evidence about a current issue, such as public attitudes toward misinformation, media use during a crisis, or emerging communication technologies. When the objective is descriptive or exploratory, a well-designed cross-sectional survey can provide meaningful evidence about the characteristics and opinions of a target population (Babbie, 2021; Fowler, 2014). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Limitations for Causal Inference

The primary limitation of cross-sectional research is its inability to establish temporal precedence. When presumed causes and outcomes are measured simultaneously, researchers cannot determine whether the predictor preceded the outcome, whether the outcome influenced the predictor, or whether an unmeasured third variable accounts for the association (Rindfleisch et al., 2008). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

For instance, a cross-sectional survey may show that frequent social-media use is associated with poorer subjective well-being. However, that association does not establish whether social-media use contributes to poorer well-being, whether people with poorer well-being use social media more frequently, or whether both outcomes are influenced by another factor, such as loneliness or social isolation. Longitudinal evidence is needed to examine these competing explanations more rigorously (Kross et al., 2013; Rindfleisch et al., 2008). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Cross-sectional studies should therefore avoid causal wording unless causal claims are supported by a broader research design, strong theoretical justification, and appropriate control of alternative explanations. Researchers should use terms such as associated with, related to, or correlated with rather than implying that one measured variable directly caused another.

Common Method Bias and Measurement Error

Cross-sectional surveys often measure predictors and outcomes using the same self-report questionnaire at the same time. This practice can increase the risk of common method bias, in which observed relationships partly reflect shared measurement conditions rather than genuine associations among constructs (Podsakoff et al., 2003). Procedural remedies, including protecting respondent anonymity, separating measures, varying item formats, and using multiple data sources, can reduce this risk (Podsakoff et al., 2003). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Self-reported media-use measures may also be affected by recall error, social-desirability bias, and inaccurate estimation. Scharkow (2016) found that self-reported internet use may differ substantially from behavioral log data, indicating that researchers should interpret reported media-use measures cautiously. Where feasible, survey responses should be complemented by digital trace data, usage logs, diaries, or other behavioral indicators. (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Definition and Types of Longitudinal Survey Design

Longitudinal research involves collecting data from respondents at two or more time points. This design enables researchers to examine stability, change, temporal ordering, developmental processes, and reciprocal relationships among variables (Menard, 2002). Longitudinal designs are especially useful when the central research question concerns how communication attitudes, behaviors, or media effects unfold over time. (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Three major forms of longitudinal survey research are relevant to communication studies. First, is panel studies, this is where the researcher repeatedly collect data from the same individuals over time.

Second, cohort studies, It examine a group defined by a common characteristic, such as age, generation, or entry into a particular life stage

While the Third trend studies survey different samples from the same population at different points in time to assess aggregate social change (Menard, 2002). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Panel studies are particularly valuable when researchers seek to examine within-person change. Cohort studies are appropriate for investigating generational or life-course communication patterns. Trend studies are useful for monitoring shifts in public opinion, media trust, technology adoption, or news consumption at the population level. However, trend studies cannot determine how specific individuals change because different respondents may participate at each wave (Menard, 2002). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Longitudinal Research and Media Effects

Longitudinal designs are particularly important in media-effects research because media exposure and audience outcomes may influence one another over time. Individuals may select media content based on existing beliefs or attitudes, and that selected exposure may later reinforce or modify those beliefs. Such reciprocal processes cannot be adequately examined through a single cross-sectional survey (Rindfleisch et al., 2008). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Classic longitudinal research on television violence and aggression demonstrated the importance of temporal ordering in media-effects research. Eron et al. (1972) showed that repeated observation of media exposure and aggressive behavior provides stronger evidence about developmental relationships than one-time measurement alone. Similarly, research on social-media use and well-being requires repeated measurement because media use may shape well-being while well-being may also influence later media-use patterns (Kross et al., 2013). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Longitudinal data can be analyzed using cross-lagged models, growth-curve models, latent-change models, or other techniques designed to assess change and temporal relationships. However, researchers should use these models cautiously. Hamaker et al. (2015) argued that traditional cross-lagged panel models may conflate stable between-person differences with within-person effects. The random-intercept cross-lagged panel model offers an alternative by distinguishing stable individual differences from changes occurring within individuals over time (Hamaker et al., 2015). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Attrition or Challenges in Longitudinal Research

Attrition refers to the loss of participants across successive waves of a longitudinal study. It is a major threat to validity because respondents who discontinue participation may differ

systematically from those who remain in the study. If attrition is associated with the variables under investigation, the final sample may no longer represent the original population adequately (Gustavson et al., 2012). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Researchers should report retention and attrition rates for each study wave, compare retained and lost participants on baseline characteristics, and explain how missing data were handled. Strategies for minimizing attrition include incentives, repeated reminders, updated contact information, flexible response modes, and efforts to maintain participant engagement. Statistical approaches such as weighting, full-information maximum likelihood estimation, and multiple imputation may help address missing data, although they cannot fully correct bias resulting from nonrandom dropout (Gustavson et al., 2012). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Panel Conditioning

Panel conditioning occurs when participation in earlier survey waves affects respondents' later attitudes, behaviors, or reporting practices. Repeatedly asking participants about their media use, political beliefs, or communication behaviors may increase awareness of those issues and thereby influence subsequent responses. As a result, observed change may partly reflect the effects of repeated measurement rather than genuine social or behavioral change (Menard, 2002). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Researchers can reduce concerns about panel conditioning by limiting unnecessary repetition of highly reactive questions, using refreshment samples, rotating measures across waves, and including comparison groups when feasible. At minimum, studies should acknowledge panel conditioning as a potential limitation and explain any design features intended to address it. (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Cost and Analytic Complexity of longitudinal research

Longitudinal research requires more time, financial resources, participant-management systems, and methodological expertise than cross-sectional research. Researchers must determine the appropriate number of waves, sample size, interval between measurements, retention strategy, and analytic method before data collection begins (Menard, 2002). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

The timing between survey waves should be theoretically justified. If measurements are too close together, meaningful changes may not occur. If they are too far apart, important intermediate processes may be missed. Researchers should therefore select intervals based on the expected pace of communication processes, such as the duration of media campaigns, the development of political attitudes, or changes in technology use. (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Guidelines for Design Selection

A cross-sectional survey is appropriate when the primary objective is to:

- estimate the prevalence of a communication behavior or attitude;
- describe a population at a particular point in time;
- compare demographic or social groups;
- assess concurrent associations among variables; or
- generate preliminary evidence for future research.

A longitudinal survey is more appropriate when the objective is to:

- examine individual or population-level change;
- establish temporal ordering between variables;
- investigate developmental or life-course processes;
- test reciprocal relationships between media exposure and outcomes;
- assess the persistence or decline of communication effects; or
- distinguish within-person change from stable differences between individuals.

The most appropriate design is therefore determined by the research question and the theoretical process under investigation. Cross-sectional designs are not inherently weak; they are valuable when used for descriptive and associational purposes. However, they are insufficient when researchers seek to explain temporal, causal, or reciprocal processes. Longitudinal designs provide stronger evidence for such claims but require careful planning to address attrition, conditioning, measurement consistency, and analytic complexity (Rindfleisch et al., 2008). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

CONCLUSION

Cross-sectional and longitudinal survey designs make distinct contributions to communication research. Cross-sectional surveys are efficient and useful for estimating prevalence, describing populations, and identifying associations. However, because they measure variables at one point in time, they cannot establish temporal precedence or capture dynamic reciprocal

processes. (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Longitudinal designs enable researchers to examine change, temporal ordering, developmental patterns, and reciprocal media effects. Their use is particularly important in communication research because media exposure, attitudes, social contexts, and behaviors often evolve together over time. Nevertheless, longitudinal research is not automatically superior; its validity depends on careful management of attrition, panel conditioning, measurement consistency, and analytic decisions (Gustavson et al., 2012; Hamaker et al., 2015). (Survey Research Design: Application of Cross-Sectional and Longitudinal Designs in Communication Studies, n.d.)

Ultimately, communication scholars should select survey designs that fit their theoretical assumptions and research objectives. Cross-sectional approaches should be used when the goal is description or association, while longitudinal designs should be prioritized when the goal is to explain change, temporal sequence, or reciprocal influence.

References

Babbie, E. R. (2021). The practice of social research (15th ed.). Cengage Learning.

Dillman, D. A., Smyth, J. D., & Christian, L. M. (2014). Internet, phone, mail, and mixed-mode surveys: The tailored design method (4th ed.). John Wiley & Sons.

Eron, L. D., Huesmann, L. R., Lefkowitz, M. M., & Walder, L. O. (1972). Does television violence cause aggression? American Psychologist, 27(4), 253–263. https://doi.org/10.1037/h0033372

Fowler, F. J., Jr. (2014). Survey research methods (5th ed.). SAGE Publications.

Gustavson, K., von Soest, T., Karevold, E., & Røysamb, E. (2012). Attrition and generalizability in longitudinal surveys: Findings from a 15-year follow-up study. BMC Public Health, 12(1), Article 918. https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-918

Hamaker, E. L., Kuiper, R. M., & Grasman, R. P. P. P. (2015). A critique of the cross-lagged panel model. Psychological Methods, 20(1), 102–116. https://doi.org/10.1037/a0038889

Kross, E., Verduyn, P., Demiralp, E., Park, J., Lee, D. S., Lin, N., Shablack, H., Jonides, J., & Ybarra, O. (2013). Facebook use predicts declines in subjective well-being in young adults. PLOS ONE, 8(8), Article e69841. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069841

Menard, S. (2002). Longitudinal research (2nd ed.). SAGE Publications. https://doi.org/10.4135/9781412984867

Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J.-Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. Journal of Applied Psychology, 88(5), 879–903. https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.5.879

Rindfleisch, A., Malter, A. J., Ganesan, S., & Moorman, C. (2008). Cross-sectional versus longitudinal survey research: Concepts, findings, and guidelines. Journal of Marketing Research, 45(3), 261–279. https://doi.org/10.1509/jmkr.45.3.261

Rubin, R. B., Rubin, A. M., Haridakis, P. M., & Wright, K. B. (2020). Communication research: Strategies and sources (8th ed.). Cengage Learning.

Scharkow, M. (2016). The accuracy of self-reported internet use—A validation study using client log data Communication Methods and Measures, 10(1), 13–27. https://doi.org/10.1080/19312458.2015.1118446

COMMUNICATION CHANNELS AND OUTREACH STRATEGIES FOR RECRUITING VULNERABLE GROUPS IN ROMANIAN SOCIAL ENTERPRISES

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. Anca CRISTEA
Romanian Academy, The Institute for World Economy, Bucharest, Romania
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5499-7836
Teacher Cătălin NECULCEA
Victor Frunză Technological High School, Ramnicu Sarat, Romania
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0008-5068-3061

ABSTRACT

For many people facing social and economic disadvantages, finding a job is not simply a matter of identifying available positions. Sometimes, the first difficulty is knowing where to look and how to access reliable information. This raises an important question for social enterprises: how can employment opportunities be communicated effectively to individuals who are often difficult to reach through conventional recruitment channels? In Romania, where social enterprises contribute to efforts aimed at improving access to employment, the way recruitment messages are communicated deserves closer attention.

This paper explores the communication channels and outreach strategies that Romanian social enterprises can use to connect with potential employees from vulnerable groups. Rather than examining employment outcomes or the broader social impact of these organisations, the analysis focuses on an earlier and often overlooked stage of recruitment: making job opportunities visible, understandable, and accessible to those who might benefit from them.

The research follows an exploratory, document-based approach, bringing together relevant academic literature, institutional information, and publicly available recruitment materials. It considers how digital platforms, traditional media, and local community networks may complement one another in reaching different categories of jobseekers. Attention is also given to the language used in recruitment announcements, the clarity of application requirements, and the role of intermediary organisations in facilitating communication.

The paper seeks to develop a clearer understanding of how recruitment communication can become more inclusive, particularly when limited digital access, fragmented information, or institutional distance make employment opportunities harder to discover. By focusing on the

communication process itself, the study offers a distinct perspective on recruitment practices within Romania's social economy.

Keywords: social enterprises; recruitment strategies; communication channels; vulnerable groups; inclusive employment; Romania.

INTRODUCTION

For individuals facing social and economic disadvantages, access to employment often involves obstacles that arise before the recruitment process formally begins. Finding a suitable vacancy may appear straightforward in an increasingly connected labour market, where employment opportunities are advertised through websites, social media platforms, and specialised recruitment services. Yet the availability of information does not necessarily mean that it reaches everyone who might need it. Some individuals have limited access to digital technologies, others rely on informal networks for employment information, while certain categories of jobseekers may encounter difficulties understanding application requirements or identifying trustworthy sources. These circumstances raise an important question about the accessibility of recruitment communication, particularly when employment opportunities are intended for people belonging to vulnerable groups. The recruitment literature provides a useful starting point for examining this issue. Breaugh (2008) approaches employee recruitment as a process shaped by organisational decisions concerning recruitment objectives, methods, and the characteristics of potential applicants. His subsequent review emphasises that recruitment outcomes depend on several interconnected factors, including the selection of appropriate recruitment sources and the information communicated to candidates (Breaugh, 2013).

From this perspective, advertising a vacancy is only one element of a broader communication process. The choice of recruitment channels matters, but so does the relationship between those channels and the people an organisation hopes to reach.

Research on applicant attraction further demonstrates that recruitment communication influences how individuals perceive potential employers. In their meta-analytic review, Chapman et al. (2005) identify several factors associated with organisational attraction and job choice, including job and organisational characteristics, recruiter behaviour, and perceptions developed during recruitment. Although these findings concern recruitment more broadly, they provide a theoretical basis for considering how information about employment opportunities may influence potential candidates' initial interest. For people who have limited experience with formal recruitment procedures, understandable information and clearly communicated expectations may be especially important. This latter implication is particularly relevant to

inclusive recruitment, although it should not be interpreted as a direct empirical finding of Chapman et al.'s study.

The significance of recruitment communication becomes more apparent when considered in relation to the characteristics of social enterprises. Defourny and Nyssens (2010a) explain that social enterprises have developed through different institutional traditions, combining entrepreneurial activities with explicit social objectives. Their comparative analysis of European and American approaches illustrates the diversity of organisational models and the importance of the institutional environment in shaping social enterprise development. In the European context, social enterprises frequently operate at the intersection of market mechanisms, public policies, and third-sector activities (Defourny & Nyssens, 2010b). Their social orientation may include facilitating labour market participation for individuals who experience difficulties accessing conventional employment opportunities.

In Romania, the legal framework established by Law No. 219/2015 on the social economy recognises the role of social enterprises in pursuing social objectives and supporting the inclusion of vulnerable groups. Social insertion enterprises, in particular, are subject to specific requirements concerning the employment and support of vulnerable workers (Romanian Parliament, 2015). Nevertheless, the existence of an institutional framework for inclusive employment does not automatically ensure that information about available positions reaches the intended beneficiaries. Between the creation of an employment opportunity and an individual's decision to apply lies a communication process that deserves closer examination.

Official data provide further context regarding the development of the social economy sector in Romania. According to the National Agency for Employment (ANOFM, 2025), between 2016 and March 2025, a total of 2,946 social enterprise certificates and 230 social insertion enterprise certifications were issued. However, as of 31 March 2025, only 1,665 social enterprise certificates and 45 social labels remained valid. These figures illustrate the development of the institutional framework for social entrepreneurship while also highlighting the relatively limited number of certified social insertion enterprises. In this context, the accessibility of recruitment information represents an important consideration for organisations seeking to facilitate the labour market integration of vulnerable individuals.

One of the most significant developments affecting this process is the increasing use of digital recruitment channels. Online employment platforms and social networking websites have expanded the possibilities for distributing vacancies and connecting employers with potential applicants. Nikolaou (2014), examining the use of social networking websites among

jobseekers and recruitment professionals in Greece, found differences between the ways these groups used digital recruitment tools. His findings also indicated that traditional online job boards continued to play an important role alongside social networking platforms. This suggests that the expansion of digital recruitment does not necessarily lead to the replacement of established communication channels. Instead, different platforms may serve different purposes and reach different categories of candidates.

However, digital recruitment introduces questions that extend beyond the availability of technological infrastructure. Warschauer (2003) argues that digital inclusion cannot be reduced to the physical possession of computers or internet connections. Meaningful access also depends on social resources, skills, and the capacity to use technology for relevant purposes. Similarly, van Deursen and van Dijk (2014) demonstrate that inequalities in internet use persist even where digital technologies are widely available. Their research highlights differences in online activities associated with users' social and educational characteristics. Consequently, the ability to access the internet should not be confused with the ability to identify, interpret, and act upon employment information.

This distinction is reinforced by van Dijk (2020), who conceptualises the digital divide as a multidimensional phenomenon involving access, motivation, skills, and patterns of use. Digital inequality may therefore reproduce existing social disadvantages rather than simply reflect differences in technological availability. Applied to recruitment communication, this perspective suggests that online vacancy announcements can remain difficult to access for individuals who lack the resources or confidence required to navigate digital employment services. The challenge is not necessarily the absence of information, but the conditions under which that information becomes usable.

The relationship between digital exclusion and job searching has also been examined directly. Lindsay (2005), in a study of unemployed jobseekers in Glasgow, identifies inequalities in access to and use of internet-based employment information, associated with differences in economic resources and skills. His research draws attention to the possibility that the digitalisation of employment services may disadvantage individuals who already experience difficulties in the labour market. Although the study was conducted outside Romania, its findings offer a relevant analytical perspective for investigating whether digital recruitment channels are sufficient when social enterprises seek to communicate with vulnerable jobseekers. Digital platforms are not, however, the only means through which employment information circulates. Personal relationships and social networks have long influenced the way individuals

discover job opportunities. McDonald (2011) demonstrates that access to employment-related information through social networks is unequally distributed, with differences in network composition affecting the availability of job leads and other forms of social capital. This finding is important because informal communication cannot automatically be regarded as inclusive. While personal networks may help individuals discover opportunities that are not widely advertised, they can also reproduce inequalities when certain groups have fewer connections to people or institutions possessing useful employment information.

For social enterprises, these considerations point towards the potential value of communication strategies that combine digital channels with local institutional and community networks. Public employment services, social assistance institutions, non-governmental organisations, and community representatives may serve as intermediaries between employers and individuals who are less likely to encounter conventional recruitment announcements. Such intermediaries may help distribute information, explain application procedures, and direct potential candidates towards relevant opportunities. Their contribution should nevertheless be examined in relation to the communities they serve, rather than assumed to be equally effective in every setting.

The accessibility of recruitment messages represents another important dimension. Even when information reaches its intended audience, the language and structure of an announcement may influence whether individuals understand the opportunity and feel able to respond. Requirements expressed through complex terminology, unclear eligibility conditions, or insufficient explanations of application procedures may create additional communication barriers. Drawing on the broader recruitment literature, particularly Breaugh (2013) and Chapman et al. (2005), it is reasonable to consider message clarity as part of the interaction between organisations and potential applicants. In the context of vulnerable groups, this issue warrants particular attention because communication difficulties may overlap with educational, technological, or institutional disadvantages.

Taken together, these contributions reveal a connection between three areas of research that are often examined separately: employee recruitment, digital inequality, and social enterprise development. Recruitment studies explain how organisations attract and communicate with potential candidates, while research on digital exclusion and social networks demonstrates that access to employment information is shaped by unequal resources and social relationships. Social enterprise literature, meanwhile, provides the institutional and organisational context for understanding employment-oriented social objectives. What remains insufficiently explored

within this combined perspective is how Romanian social enterprises can adapt their recruitment communication to the circumstances of individuals belonging to vulnerable groups. The present study addresses this issue by examining communication channels and outreach strategies used, or potentially applicable, in the recruitment of vulnerable groups by Romanian social enterprises. Its central research question is: *How can Romanian social enterprises improve the visibility, clarity, and accessibility of employment opportunities through the selection and combination of appropriate recruitment communication channels?*

To investigate this question, the paper adopts an exploratory, document-based approach, drawing on academic literature, institutional information, and publicly available recruitment materials. The analysis considers digital recruitment platforms, traditional communication methods, community-based networks, and the role of intermediary organisations, while also examining the accessibility of recruitment messages. Rather than assessing employment outcomes or the overall social impact of social enterprises, the study focuses on the stage preceding formal application, when information about available opportunities must first reach and be understood by potential candidates. By concentrating on this relatively narrow but consequential dimension of recruitment, the research seeks to contribute to a clearer understanding of inclusive communication practices within Romania's social economy.

RESEARCH AND FINDINGS

Research approach and analytical framework

Understanding how social enterprises communicate employment opportunities to vulnerable groups requires looking beyond the recruitment channels themselves. A job announcement may be published on several platforms, yet its presence does not guarantee that the intended audience will encounter it, understand its content, or recognise the opportunity as relevant. The effectiveness of recruitment communication therefore depends on a combination of factors, including the characteristics of the target population, the accessibility of the selected channels, and the clarity of the information provided. The present study adopts an exploratory, document-based approach to examine these relationships in the context of Romanian social enterprises. The analysis draws on academic literature concerning employee recruitment, digital exclusion, social networks, and social enterprise development, complemented by European statistical data and the Romanian legislative framework. This approach allows different strands of evidence to be considered together, while recognising that findings obtained in other national or organisational settings cannot automatically be generalised to Romanian social enterprises.

To strengthen the Romanian contextual dimension of the analysis, the study also incorporates official administrative statistics published by the National Agency for Employment (ANOFM). These sources provide information on the certification of social enterprises, the development of social insertion enterprises, and the implementation of public employment services. The statistical indicators are used descriptively to contextualise the recruitment environment rather than to measure the effectiveness of communication channels. Consequently, the analysis distinguishes between documented institutional developments and theoretically informed interpretations concerning inclusive recruitment communication.

The analytical framework is organised around three interconnected dimensions. The first concerns the communication channels through which employment opportunities may be distributed, including digital platforms, conventional media, and community-based networks. The second focuses on the barriers that can prevent individuals from receiving or using recruitment information. The third examines the accessibility of recruitment messages, particularly the clarity of eligibility criteria, application procedures, and available support.

These dimensions are informed by the recruitment framework developed by Breaugh (2008, 2013), which emphasises the importance of recruitment sources, organisational decisions, and information communicated to potential applicants. They also reflect research on digital inequality, particularly the argument that meaningful access to digital resources involves more than technological availability (Warschauer, 2003; van Dijk, 2020). The analysis does not involve interviews, surveys, or direct observation of recruitment practices. Its findings should therefore be understood as a synthesis of existing evidence and theoretically informed interpretations, rather than empirical measurements of communication effectiveness within individual Romanian social enterprises. This distinction is important because the study seeks to identify relevant communication challenges and potential responses, not to establish causal relationships between particular recruitment channels and employment outcomes.

Digital recruitment channels and accessibility barriers

Digital technologies have considerably expanded the ways organisations can communicate employment opportunities. Recruitment websites, social media platforms, institutional webpages, and online employment services allow vacancies to be distributed quickly, often at relatively low cost. For social enterprises operating with limited financial and administrative resources, these characteristics may make digital communication particularly attractive.

However, the availability of digital recruitment tools should not be confused with their universal accessibility. Research by Nikolaou (2014) demonstrates that jobseekers and recruitment

professionals use online platforms differently, while conventional employment websites continue to coexist with social networking services. This suggests that no single digital channel can be assumed to reach all categories of potential applicants equally.

In Romania, the limitations of an exclusively digital recruitment strategy become particularly relevant when examining the population's digital skills. Eurostat data for 2025 indicate that approximately 31.8% of Romanian residents aged 16–74 possessed at least basic digital skills, compared with 60.4% across the European Union. Romania therefore remained substantially below the EU average, despite an improvement compared with 2023.

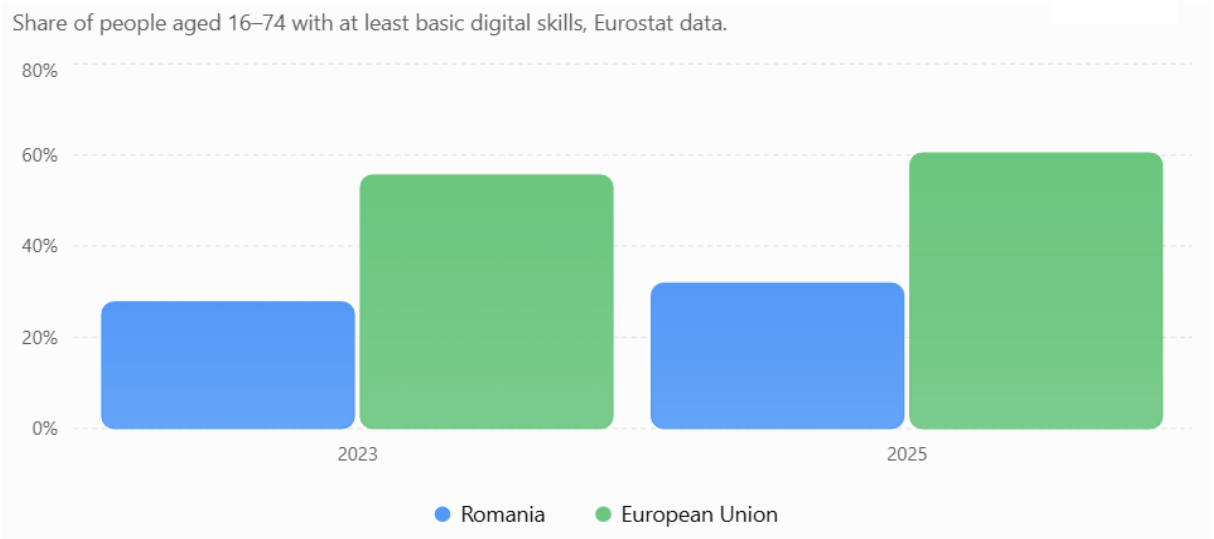


Figure 1. Individuals with at least basic digital skills in Romania and the European Union, 2023–2025 (%)

Source: Eurostat, indicator isoc_sk_dskl_i21; values reproduced from the European digital skills dataset.

The comparison reveals two important developments. First, the proportion of individuals with at least basic digital skills increased in Romania between 2023 and 2025, from 27.7% to 31.8%. Second, the difference between Romania and the EU average remained substantial, reaching approximately 28.6 percentage points in 2025. Although these figures describe the general population rather than vulnerable jobseekers specifically, they provide relevant contextual evidence concerning the limitations of relying exclusively on online recruitment communication.

Digital inequality is not simply a matter of internet connectivity. Van Deursen and van Dijk (2014) show that differences in internet use persist across social groups, even when access to technology becomes more widespread. Similarly, van Dijk (2020) argues that digital inequality

involves interconnected differences in motivation, access, skills, and the benefits individuals obtain from using digital technologies.

These distinctions have practical implications for recruitment. An individual may possess a smartphone and regularly use messaging applications but still encounter difficulties navigating an employment website, uploading a curriculum vitae, completing an online form, or interpreting formal eligibility requirements. Consequently, the use of social media does not necessarily imply readiness to participate in a fully digital recruitment process.

Research examining online job searching provides further support for this concern. Lindsay (2005) identifies barriers associated with access to digital employment services among unemployed jobseekers, highlighting the relationship between technological resources, skills, and labour market disadvantage. Although the research was conducted in the United Kingdom, it offers a useful perspective for understanding why digital recruitment strategies may require adaptation when addressing individuals experiencing social or economic vulnerability.

The Romanian context also raises questions about the representativeness of online recruitment information. An OECD (2024) analysis of online job postings and national employment sources demonstrates that online vacancy data do not necessarily reflect all recruitment activity equally across countries and labour market segments. This reinforces the need to distinguish between the visibility of employment opportunities on digital platforms and their accessibility to different categories of jobseekers.

For Romanian social enterprises, the implications are not that digital recruitment should be avoided. Rather, online channels should be integrated into broader communication strategies that acknowledge differences in digital skills, information-seeking behaviour, and access to institutional support.

Traditional communication channels and community-based outreach

Although digital platforms have become increasingly important in recruitment, traditional communication channels remain relevant, particularly when organisations seek to reach individuals who are less connected to online employment services.

Printed announcements, information boards, local newspapers, direct contact, and communication through public institutions may provide alternative ways of distributing vacancies. Their usefulness is likely to depend on local circumstances, including geographical accessibility, the presence of community organisations, and the communication habits of potential candidates.

The role of interpersonal networks is particularly important. McDonald (2011) demonstrates that access to employment-related social capital is shaped by inequalities within personal networks. Individuals do not possess equal access to contacts who can provide useful employment information, and these differences may influence the opportunities they encounter. This finding introduces an important distinction. Informal networks can facilitate access to employment information, but they can also reproduce existing inequalities. Individuals who are socially isolated or have limited connections outside their immediate communities may be less likely to receive information about available positions.

In this context, institutional intermediaries may provide an additional communication pathway. Public employment agencies, local social assistance services, non-governmental organisations, educational institutions, and community associations can potentially connect social enterprises with individuals who are not easily reached through conventional recruitment platforms.

Official employment statistics further illustrate the institutional relevance of public employment services in Romania. According to ANOFM (2026), 156,966 individuals entered employment in 2025 through the employment support measures implemented by the agency's territorial structures. Of these, 151,778 individuals obtained employment through job-matching services, including 134,555 placements in permanent positions and 17,223 in fixed-term positions. Furthermore, 8,285 individuals obtained employment through job fairs organised during the same year. Although these figures refer to the general labour market rather than recruitment specifically conducted by social enterprises, they demonstrate the scale of institutional employment intermediation and the continuing relevance of organised communication between employers and jobseekers.

Such cooperation is consistent with the broader understanding of social enterprises as organisations operating within networks of economic, institutional, and social relationships (Defourny & Nyssens, 2010b). Nevertheless, the actual contribution of these intermediaries depends on their capacity to maintain contact with vulnerable populations and communicate employment information in an accessible manner. For example, an employment announcement distributed exclusively through an organisational website may remain unnoticed by individuals who rarely use online job platforms. The same announcement, communicated through a local employment service or a community organisation, may become more visible to potential applicants already receiving assistance from these institutions. This example illustrates a plausible communication mechanism rather than a measured recruitment outcome. Its

significance lies in the possibility of combining channels with different strengths, instead of assuming that a single communication method can serve all potential candidates.

Table 1. Comparative analysis of recruitment communication channels applicable to Romanian social enterprises

Communication channel	Potential advantages	Possible limitations
Online recruitment platforms	Broad visibility; structured vacancy information; rapid dissemination	Require digital access and sufficient skills to navigate application procedures
Social media	Rapid sharing; opportunities for interaction; potential community circulation	Uneven audience coverage; information may be overlooked or difficult to verify
Organisational websites	Direct source of information; organisational credibility; detailed vacancy descriptions	Depend on candidates knowing where to search
Public employment services	Institutional support; access to registered jobseekers; potential guidance	Reach depends on service coverage and engagement
NGOs and community organisations	Local knowledge; established relationships; possibility of personalised explanations	Uneven geographical coverage and organisational resources
Printed announcements and local media	Can reach individuals with limited digital access	Restricted geographical reach; slower updating
Direct community outreach	Opportunities for clarification and personal interaction	Requires staff time and coordination

Source: Authors' synthesis based on Breaugh (2008, 2013), Lindsay (2005), Nikolaou (2014), McDonald (2011), and van Dijk (2020). The table presents analytically derived advantages and limitations, not empirically measured channel performance.

The comparison suggests that recruitment communication should be approached as a coordinated process rather than a choice between digital and traditional methods. Digital channels may support visibility and rapid dissemination, while community-based approaches may help address information gaps and facilitate direct clarification.

However, the potential benefits of combining communication channels should not be interpreted as evidence that a multichannel strategy necessarily produces better recruitment outcomes. Establishing such a relationship would require empirical investigation, including information about the channels actually used by social enterprises and the ways potential applicants encounter recruitment announcements.

Recruitment message accessibility and communication barriers

The accessibility of recruitment communication depends not only on where information is published but also on how it is presented. An announcement may reach a potential applicant

and still fail to communicate the essential information needed to understand the position or initiate an application. Recruitment research emphasises the importance of the information provided to potential candidates. Breaugh (2013) identifies recruitment messages and sources among the factors influencing recruitment processes, while Chapman et al. (2005) demonstrate that applicants' perceptions of jobs and organisations are associated with attraction and job choice. These findings suggest that message content deserves attention alongside communication channels. In the case of vulnerable groups, unclear terminology, complicated application procedures, or insufficient explanations of job requirements may create additional difficulties. For example, a recruitment announcement that lists numerous formal requirements without distinguishing mandatory qualifications from desirable characteristics may discourage individuals who are uncertain about their eligibility.

Similarly, instructions requiring several digital steps may create difficulties for candidates with limited experience using online employment services. The issue is particularly relevant for social enterprises because their recruitment communication may need to address individuals with different educational backgrounds, employment histories, or support needs. A message that is understandable to an experienced jobseeker may not be equally accessible to someone unfamiliar with formal application procedures. Communication accessibility therefore involves several elements: understandable language, transparent eligibility criteria, clear application instructions, and contact options through which candidates can request additional information. These considerations do not imply that recruitment requirements should be weakened or that essential information should be omitted. Instead, the objective is to communicate requirements accurately while avoiding unnecessary complexity.

Table 2. Recruitment communication barriers and possible accessibility measures

Potential communication barrier	Possible consequence	Suggested communication measure
Limited digital skills	Difficulty accessing online vacancies or completing applications	Provide offline alternatives and assisted application options
Fragmented employment information	Relevant opportunities may remain unnoticed	Distribute announcements through several coordinated channels
Complex recruitment terminology	Misunderstanding of eligibility requirements	Use plain language and explain specialised terms
Unclear application procedures	Uncertainty about the steps required	Present instructions in a logical sequence
Limited institutional contact	Reduced exposure to formal recruitment information	Cooperate with employment services and community organisations

Limited access to clarification	Unresolved questions about the position	Provide a telephone contact or accessible information point
Inaccessible document formats	Difficulty reading or processing vacancy information	Use readable layouts and accessible digital documents

Source: Authors' analytical synthesis informed by Warschauer (2003), Lindsay (2005), Breaugh (2013), van Deursen and van Dijk (2014), and van Dijk (2020). The measures are proposed adaptations, not interventions evaluated by the present study.

The measures presented in Table 2 indicate that accessible recruitment communication can be considered at several stages: selecting channels, preparing messages, distributing information, and providing opportunities for clarification. One implication is that communication barriers may accumulate. A candidate with limited digital skills may also experience difficulty understanding formal recruitment terminology or contacting an employer for additional information. Addressing only one of these barriers may therefore be insufficient.

At the same time, the circumstances of vulnerable individuals vary considerably. A communication strategy appropriate for people experiencing long-term unemployment may not address the specific accessibility needs of persons with disabilities or individuals living in geographically isolated communities. This diversity reinforces the importance of adapting communication practices to the intended audience rather than treating vulnerability as a homogeneous characteristic.

Synthesis of findings and implications for Romanian social enterprises

The documentary analysis identifies several considerations relevant to recruitment communication within Romanian social enterprises. The official Romanian statistics examined in this study provide additional context for interpreting these considerations. The certification data indicate the institutional development of the social economy sector, while national employment statistics demonstrate the scale of public employment intermediation. However, neither source establishes which recruitment communication channels are most frequently used by Romanian social enterprises or which channels are most effective in reaching vulnerable groups. The findings should therefore be interpreted as contextual evidence supporting the need for accessible and diversified recruitment communication, rather than as direct measurements of recruitment performance within social enterprises.

First, the evidence indicates that digital recruitment offers practical advantages but cannot be assumed to provide equal access to employment information. The Romanian digital skills indicators, together with the literature on digital inequality, suggest that exclusive reliance on online communication may leave certain potential applicants at a disadvantage.

Second, traditional communication channels and community-based networks may complement digital recruitment. Their potential contribution is especially relevant when employment information must reach individuals who have limited engagement with online recruitment services. However, interpersonal networks are themselves shaped by unequal access to social capital, making cooperation with institutional intermediaries potentially important.

Third, the accessibility of recruitment messages represents a distinct dimension of inclusive communication. Publishing a vacancy through an appropriate channel does not guarantee that the information will be understandable or actionable. Clear eligibility criteria, straightforward application instructions, and accessible contact options may help reduce avoidable communication barriers. Finally, the analysis suggests that recruitment communication should be considered in relation to the specific characteristics of the intended audience. Vulnerable groups differ in their access to technology, social networks, institutional support, and experience with formal recruitment procedures. Consequently, communication strategies are more appropriately understood as context-dependent combinations of channels and message adaptations than as universally applicable solutions.

Nevertheless, the analysis provides a basis for understanding recruitment communication as an important preliminary stage of inclusive employment. For Romanian social enterprises, making employment opportunities visible is only part of the challenge. The information must also be accessible, understandable, and communicated through channels that potential candidates can realistically use.

CONCLUSION

Recruitment communication represents an important, yet often overlooked, dimension of inclusive employment. For individuals experiencing social and economic vulnerability, the possibility of accessing a job does not depend exclusively on the existence of suitable vacancies or the willingness of employers to recruit disadvantaged candidates. It also depends on whether information about these opportunities reaches the intended audience in a form that can be understood and acted upon. This distinction is particularly relevant for Romanian social enterprises, whose social objectives may include facilitating labour market participation among individuals facing multiple barriers to employment.

The analysis developed in this paper suggests that no single recruitment channel can adequately address the diversity of circumstances associated with vulnerable groups. Digital platforms offer considerable advantages in terms of dissemination speed, geographical reach, and relatively low communication costs. However, these benefits must be considered alongside

persistent inequalities in digital skills and the ability to use online employment services. The Romanian digital skills indicators examined in the study illustrate the broader context in which digital recruitment takes place, without establishing a direct relationship between digital competence and recruitment outcomes in social enterprises.

Traditional communication methods and community-based networks may provide complementary opportunities for reaching individuals who are less likely to encounter online vacancy announcements. Cooperation with public employment services, social assistance institutions, non-governmental organisations, and local community actors can potentially extend the circulation of recruitment information beyond conventional digital platforms. Nevertheless, the effectiveness of these arrangements cannot be assumed. Their contribution depends on institutional capacity, local relationships, and the extent to which intermediary organisations maintain contact with the populations they seek to support.

Another important consideration concerns the accessibility of recruitment messages. Communication becomes genuinely useful when potential candidates can understand the nature of the employment opportunity, identify the requirements, and determine how to proceed. Clear language, transparent eligibility conditions, straightforward application instructions, and accessible contact options may help reduce avoidable barriers. These adjustments do not require organisations to abandon formal recruitment standards. Rather, they involve presenting essential information in ways that are more responsive to the characteristics and needs of the intended audience.

Taken together, these considerations provide an answer to the central research question. Romanian social enterprises may improve the visibility, clarity, and accessibility of employment opportunities by combining digital and offline recruitment channels, cooperating with trusted community intermediaries, and adapting recruitment messages to the information needs of vulnerable jobseekers. Such an approach recognises that inclusive recruitment communication is not simply a matter of distributing announcements more widely, but of making employment information accessible to individuals whose circumstances may limit their engagement with conventional recruitment practices.

The principal contribution of this paper lies in bringing together perspectives from employee recruitment, digital inequality, and social enterprise research to examine the communication stage preceding formal job applications. By distinguishing between the availability of employment opportunities and the accessibility of information about them, the study identifies

recruitment communication as a specific area deserving greater attention within discussions of inclusive employment in Romania.

Several limitations should nevertheless be acknowledged. The research is exploratory and relies on secondary sources, including academic literature, institutional documents, and publicly available information. It does not include interviews with social enterprise representatives or vulnerable jobseekers, nor does it measure the actual performance of individual recruitment channels. Consequently, the proposed communication approaches should be interpreted as analytically informed possibilities rather than empirically validated solutions. Furthermore, the diversity of vulnerable groups limits the extent to which general recommendations can be applied uniformly across different social and geographical contexts.

Future research could address these limitations by examining recruitment announcements published by Romanian social enterprises, interviewing organisational representatives and potential applicants, and investigating how different groups encounter and interpret employment information. Comparative studies involving urban and rural communities, different categories of vulnerability, and various types of social enterprises could provide a more detailed understanding of communication barriers. Such investigations would also make it possible to assess whether particular combinations of recruitment channels are associated with greater awareness of employment opportunities or improved access to application procedures.

Ultimately, the accessibility of recruitment information deserves recognition as an integral part of inclusive employment practices. Creating an opportunity is essential, but ensuring that people know about it, understand it, and can take the first step towards accessing it is equally important. For Romanian social enterprises, greater attention to this initial communication process may help narrow the distance between employment opportunities and the individuals they are intended to reach.

REFERENCES

Breaugh, J. A. (2008). Employee recruitment: Current knowledge and important areas for future research. *Human Resource Management Review, 18*(3), 103–118. https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2008.07.003

Breaugh, J. A. (2013). Employee recruitment. *Annual Review of Psychology, 64*, 389–416. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143757

Chapman, D. S., Uggerslev, K. L., Carroll, S. A., Piasentin, K. A., & Jones, D. A. (2005). Applicant attraction to organisations and job choice: A meta-analytic review of the correlates of recruiting outcomes. *Journal of Applied Psychology, 90*(5), 928–944. https://doi.org/10.1037/0021-9010.90.5.928

Defourny, J., & Nyssens, M. (2010a). Conceptions of social enterprise and social entrepreneurship in Europe and the United States: Convergences and divergences. *Journal of Social Entrepreneurship, 1*(1), 32–53. https://doi.org/10.1080/19420670903442053

Defourny, J., & Nyssens, M. (2010b). Social enterprise in Europe: At the crossroads of market, public policies and third sector. *Policy and Society, 29*(3), 231–242. https://doi.org/10.1016/j.polsoc.2010.07.002
Eurostat. (n.d.). *Individuals' level of digital skills (from 2021 onwards)* [Data set]. https://doi.org/10.2908/ISOC_SK_DSKL_I21
Lindsay, C. (2005). Employability, services for unemployed job seekers and the digital divide. *Urban Studies, 42*(2), 325–339. https://doi.org/10.1080/0042098042000316173
McDonald, S. (2011). What's in the “old boys” network? Accessing social capital in gendered and racialized networks. *Social Networks, 33*(4), 317–330. https://doi.org/10.1016/j.socnet.2011.10.002
National Agency for Employment (ANOFM). (2025). *Press release on the social economy sector in Romania*. https://www.anofm.ro/wp-content/uploads/2025/05/Comunicat-de-presa-Economie-sociala-2025.pdf
National Agency for Employment (ANOFM). (2026). *Activity report of the National Agency for Employment for 2025*. https://www.anofm.ro/wp-content/uploads/2026/05/RAPORT-DE-ACTIVITATE-AL-ANOFM-PENTRU-ANUL-2025.pdf
Nikolaou, I. (2014). Social networking web sites in job search and employee recruitment. *International Journal of Selection and Assessment, 22*(2), 179–189. https://doi.org/10.1111/ijsa.12067
Romanian Parliament. (2015). *Law No. 219/2015 on the social economy* 219/2015 Law for Social Economy]. https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/170086
van Deursen, A. J. A. M., & van Dijk, J. A. G. M. (2014). The digital divide shifts to differences in usage. *New Media & Society, 16*(3), 507–526. https://doi.org/10.1177/1461444813487959
van Dijk, J. A. G. M. (2020). *The digital divide*. Polity Press.
Vermeulen, W., & Gutierrez Amaros, F. (2024). How well do online job postings match national sources in European countries? Benchmarking Lightcast data against statistical and labour agency sources across regions, sectors and occupation. *OECD Local Economic and Employment Development (LEED) Papers*, No. 2024/02. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/e1026d81-en
Warschauer, M. (2003). *Technology and social inclusion: Rethinking the digital divide*. MIT Press.

EFFECTIVENESS OF MANDATORY ENTREPRENEURIAL COURSES AT UNDERGRADUATE LEVEL IN PAKISTAN

Dr Irfan Bashir
Ms Eman Haider
Mr Rehmatullah
Prof Dr Yasira Waqar
Prof Dr Mumtaz Akhter*
Dr Afshan Naseem
Dr Aisha Sami
University of Management and Technology Lahore.
* University o Lahore. Lahore

ABSTRACT

The present study investigated the perceived effectiveness of entrepreneurial courses in building entrepreneurial skills and entrepreneurial mindset of undergraduate students. A quantitative research method was applied and data obtained from 100 undergraduate students by using a structured questionnaire. The study was based on the content of the course, teaching methods, skill improvement, practical exposure, entrepreneurial attitude, motivation and effectiveness of the course. Data collected were analyzed through descriptive statistics, independent-samples t-test and one-way ANOVA. The results indicated students' positive perceptions about the entrepreneurial courses and their perceived usefulness in entrepreneurial skills and entrepreneurial mindsets. In some areas significant differences were detected between genders and no significant differences were detected between semesters. The study concludes that entrepreneurial courses can be a resource for students' personal and entrepreneurial growth. It suggests more practical activity, project and real-life learning to make entrepreneurship education more effective.

Keywords: *Entrepreneurship Education, Entrepreneurial Courses, Entrepreneurial Skills, Entrepreneurial Mindset, Undergraduate Students, Perceived Effectiveness*

BETWEEN SECURITY, POVERTY, AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: LEGAL AND SOCIOECONOMIC CHALLENGES IN THE CONTEMPORARY WORLD

PhD Roxana Mihaela Moisoiu
U.S.P.E.E. „C. Stere" Chișinău, Moldova
ID orcid 0009-0005-0515-0432
Prof.Colegiul German"Goethe"
București
România

UDC - 004.8:343.98:34
DOI: to be assigned
JEL 14

Abstract

The relationship between security, poverty, and artificial intelligence (AI) has become increasingly relevant in the context of contemporary global challenges. Poverty and socioeconomic inequality can intensify social vulnerability, restrict access to essential services, and undermine institutional resilience, while emerging security threats increasingly require advanced technological capabilities. Artificial intelligence offers new opportunities to analyze complex risks, support crime prevention, improve crisis management, and strengthen public policy. However, its growing use also raises concerns regarding fundamental rights, digital exclusion, algorithmic discrimination, and the potential reinforcement of existing inequalities.

This paper explores the complex interaction between poverty, security, and artificial intelligence, examining how socioeconomic vulnerability influences human and national security and how AI can contribute to both risk prevention and social protection. Particular attention is given to the relationship between poverty, social exclusion, criminality, and institutional instability, as well as to the potential use of AI in identifying socioeconomic vulnerabilities, detecting emerging threats, and supporting evidence-based security policies.

The research also investigates the risks associated with automated decision-making, surveillance technologies, biased algorithms, and unequal access to digital resources.

The methodology combines doctrinal legal analysis, comparative examination of European and international legal frameworks, and an interdisciplinary assessment of the socioeconomic and security implications of AI. The study considers fundamental rights, data protection, non-discrimination, responsible technological governance, and the relationship between sustainable development and human security.

The paper argues that poverty, security, and artificial intelligence should not be approached as separate policy areas, but as interconnected dimensions of contemporary social

and institutional resilience. Poverty does not inevitably generate criminality or insecurity; however, persistent deprivation and social exclusion may increase certain vulnerabilities when combined with other structural and institutional factors. AI can help address these challenges through improved risk assessment, more efficient public services, and targeted social interventions, provided that its deployment is transparent, accountable, and consistent with fundamental rights.

The study concludes that sustainable security cannot be achieved through technological solutions alone. An integrated strategy combining poverty reduction, social inclusion, effective legal protection, and responsible AI governance is essential to strengthening human security, institutional resilience, and international stability in the digital era.

Keywords: security; poverty; artificial intelligence; human security; national security; social exclusion; crime prevention; fundamental rights; digital governance; social resilience.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE – BENEFICIAL OR HARMFUL TO HUMANITY? CHALLENGES, OPPORTUNITIES AND ETHICAL BOUNDARIES

PhD Roxana Mihaela Moisoiu
U.S.P.E.E. „C. Stere" Chișinău, Moldova
ID orcid 0009-0005-0515-0432
Prof.Colegiul German"Goethe"
București
România

UDC - 004.8:343.98:34
DOI: to be assigned
JEL 14

Abstract

Artificial Intelligence (AI) has become one of the most influential forces shaping contemporary society, transforming the way people communicate, work, learn, make decisions and interact with the world. Its rapid development offers unprecedented opportunities for scientific progress, economic growth, education, healthcare, public administration and the justice system.

However, alongside these benefits, AI raises significant concerns regarding human rights, privacy, cybersecurity, social inequality, employment, discrimination and the potential loss of human control over important decision-making processes.

This paper aims to critically examine whether Artificial Intelligence represents a beneficial instrument for humanity or a potential source of new risks and vulnerabilities. The analysis focuses on the dual nature of AI, highlighting the contrast between technological innovation and its possible negative consequences. Particular attention is given to the ethical and legal challenges associated with algorithmic decision-making, the protection of personal data, accountability for AI-generated outcomes and the preservation of human dignity and fundamental rights.

The research methodology is based on doctrinal and comparative analysis, examination of relevant legal frameworks, interdisciplinary literature review and the assessment of contemporary challenges arising from AI implementation. The paper also explores the relationship between technological development, social responsibility and the need for effective regulatory mechanisms.

The central argument is that Artificial Intelligence is neither inherently beneficial nor inherently harmful. Its impact on humanity depends largely on the purposes for which it is developed, the manner in which it is implemented and the ethical and legal safeguards

governing its use. Technological progress must remain subordinated to human values, democratic principles and the protection of fundamental rights.

Ultimately, the future of humanity should not be defined by the question of whether machines can become more intelligent than humans, but by whether humans can use artificial intelligence responsibly, without compromising their freedom, dignity and social security.

Keywords: Artificial Intelligence, humanity, technological progress, human rights, ethics, legal responsibility, social impact, digital transformation.

GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ACADEMIC RESEARCH: EXAMINING THE CHALLENGES OF UNVERIFIED INFORMATION AND FALSE KNOWLEDGE PRODUCTION AMONG UNIVERSITY RESEARCHERS IN NORTH EAST NIGERIA

Dada, Adeshola Mercy
Department of Social Science Education
Taraba State University, Jalingo
Ahmad, Baba Muhammad, PhD
Department of Guidance, Counseling,
Taraba State University, Jalingo
Nahshon, Maureen
Department of Social Science Education
Taraba State University, Jalingo
Idris, Ahmed Garba
Department of Social Science Education
Taraba State University, Jalingo

Abstract

This study examined the use of Generative Artificial Intelligence (GenAI) in academic research, focusing on the challenges of unverified information and its implications for knowledge reliability and integrity among students and lecturers in Faculties of Education in North-East Nigeria. A descriptive survey research design was adopted, involving 325 respondents. Data were collected through an online structured questionnaire using a four-point Likert scale and analyzed using mean and standard deviation. The findings revealed that respondents used GenAI tools for developing research ideas, academic writing, generating research questions, summarizing literature and supporting data analysis. The study also found that verifying AI-generated information, ensuring its accuracy and evaluating the reliability of AI-generated references were major challenges. Furthermore, respondents acknowledged the implications of GenAI for research credibility, academic authorship, originality and knowledge reliability, while recognizing its potential to improve academic writing and research communication. The study concludes that although GenAI offers valuable support for academic research, its outputs require critical evaluation and independent verification to maintain academic integrity and reliable knowledge production.

Keywords: Generative Artificial Intelligence, Academic Research, Unverified Information, Knowledge Reliability, Research Integrity.

ENVIRONMENTAL PROTECTION TAXATION ON FOSSIL FUELS IN VIETNAM

NGUY Ngoc Anh
PhD student, University of Miskolc

Abstract:

Thuế bảo vệ môi trường đối với nhiên liệu hóa thạch là một trong những công cụ tài chính quan trọng nhằm kiểm soát ô nhiễm môi trường, điều tiết hành vi tiêu dùng và thúc đẩy phát triển bền vững. Tại Việt Nam, thuế bảo vệ môi trường được áp dụng đối với một số sản phẩm có tác động tiêu cực đến môi trường, đặc biệt là xăng, dầu và than đá. Tuy nhiên, hiệu quả của chính sách thuế này trong việc hạn chế tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch, giảm phát thải khí nhà kính và thúc đẩy quá trình chuyển đổi sang nền kinh tế carbon thấp vẫn đặt ra nhiều vấn đề cần được nghiên cứu.

Bài viết tập trung phân tích khuôn khổ pháp luật Việt Nam về thuế bảo vệ môi trường đối với nhiên liệu hóa thạch, làm rõ mục tiêu điều tiết, cơ chế xác định mức thuế và thực tiễn áp dụng. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đánh giá mức độ phù hợp của chính sách thuế hiện hành, đồng thời chỉ ra những hạn chế trong việc gắn kết chính sách thuế với các mục tiêu ứng phó biến đổi khí hậu và phát triển bền vững của Việt Nam. Từ đó, nghiên cứu đề xuất một số định hướng hoàn thiện pháp luật thuế bảo vệ môi trường nhằm nâng cao hiệu quả điều tiết, khuyến khích sử dụng năng lượng sạch và bảo đảm sự cân bằng giữa mục tiêu bảo vệ môi trường với lợi ích kinh tế - xã hội trong quá trình chuyển đổi xanh.

Keywords: Thuế bảo vệ môi trường; nhiên liệu hóa thạch; thuế xanh; phát triển bền vững; Việt Nam

AWARENESS, KNOWLEDGE, PREVENTION AND CONTROL PRACTICES REGARDING NEGLECTED TROPICAL DISEASES AMONG RESIDENTS OF BWARI AREA COUNCIL, NIGERIA

Iyiola Grace Imoleayo[1], Adekola Saheed Ayodeji[2], Adekola Sodiq Adetunji[3]
[1,2,3]Centre for Community Health and Systems Support, University of Abuja, Abuja, Nigeria

Abstract

Neglected tropical diseases (NTDs) remain a public health concern in Nigeria, and their prevention and control require community awareness, appropriate practices and participation in control programmes. This study assessed awareness, knowledge, prevention and control practices regarding NTDs among residents of Bwari Area Council, Federal Capital Territory, Nigeria, and explored healthcare workers' perspectives. A descriptive cross-sectional mixed-methods design was used. Quantitative data were collected from 210 adult residents using a structured questionnaire, while qualitative information was obtained from 12 healthcare workers across five primary healthcare facilities. Quantitative data were analysed using descriptive statistics, chi-square tests and binary logistic regression, with statistical significance set at $p < 0.05$. Qualitative data were analysed thematically. Overall, 27.6% of respondents had good awareness of NTDs, whereas 72.4% had poor awareness. In contrast, 88.6% had good knowledge, 77.1% reported good prevention practices and 69.5% had good control practices. Only 23.8% reported ever participating in mass drug administration, and 20.5% reported taking medicines distributed through community programmes. Education was associated with awareness and knowledge, while age and income were associated with selected practice outcomes. Healthcare workers described uneven community awareness, misconceptions about some NTDs, concerns about medicines, irregular outreach and workforce constraints. The findings indicate a gap between knowledge and participation in control activities. Community-based health education, clear communication about preventive chemotherapy and strengthened outreach through primary healthcare facilities may improve community engagement in NTD prevention and control.

Keywords

Neglected tropical diseases; awareness; knowledge; preventive practices; mass drug administration; Bwari; Nigeria

DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE NATURAL FIBER-REINFORCED GEOPOLYMER COMPOSITES USING INDUSTRIAL BY-PRODUCTS

Abdelhakim Fadil, PhD Student
The Faculty of Sciences and Techniques, Sultan Moulay Slimane University, Morocco

ABSTRACT

The construction sector is responsible for 8-10% of global CO_2 emissions, mainly due to the production of Portland cement by a very energy-intensive and polluting process. Among the promising alternatives, geopolymers are characterized by the abundance and low cost of their raw materials, require less energy, and emit significantly less CO_2. In addition, geopolymers have good mechanical properties and excellent durability.

However, their intrinsically brittle behavior limits their resistance to tensile and bending stresses, which restricts their use in certain structural applications. To overcome this limitation, the incorporation of natural fibers is an effective solution, due to their many advantages: they are renewable, economical, and have good mechanical properties. Thus, their incorporation into the geopolymer matrix improves tensile and flexural strength, increases ductility, and contributes to the reduction of crack propagation.

In this context, the objective is to develop new geopolymers reinforced with natural fibers, by exploiting industrial byproducts as aluminosilicate precursors, as well as natural fibers such as reinforcing agents.

The study will focus on the optimization of reinforcement by evaluating the effects of different parameters on the mechanical, physical, and thermal properties of composites, including fiber characteristics and content. Surface treatments of the fibers will also be applied to improve their compatibility with the geopolymer matrix. Finally, the characterization of the fiber-matrix interface and the evaluation of durability will allow analysis of the performance and potential use of these materials in the field of sustainable construction.

Keywords: Geopolymers; Natural Fibers; Geopolymer Composites; Industrial By-Products; Sustainable Construction; Mechanical Properties; Durability

INFLUENCE OF HYGROTHERMAL AGING ON THE MECHANICAL BEHAVIOR OF A NEW ALFA/POLYPROPYLENE (PP) BIOCOMPOSITE

Doc. Ikram Afouzar
Sultan Moulay Slimane University, Faculty of Sciences and Techniques, Beni Mellal, Morocco
Prof. Dr. Youssef Bensmail
Sultan Moulay Slimane University, Faculty of Sciences and Techniques, Beni Mellal, Morocco

ABSTRACT

The development of sustainable composite materials has attracted considerable interest in recent years due to the need to reduce dependence on conventional synthetic reinforcements. Natural fibers, particularly Alfa fibers (*Stipa tenacissima* L.), represent a promising alternative because of their availability in North Africa, renewable origin and potential mechanical properties. Their incorporation into thermoplastic matrices such as polypropylene (PP) offers opportunities for developing lightweight and environmentally friendly biocomposites.

Alfa fibers present challenges due to their hydrophilic nature and limited compatibility with polypropylene, which may affect interfacial adhesion, water absorption and mechanical properties. Therefore, surface treatments are needed to improve fiber–matrix compatibility.

This study aims to investigate the influence of hygrothermal aging on the mechanical behavior of a new Alfa/PP biocomposite. The research focuses on Alfa fiber pretreatment and incorporation into a polypropylene matrix through extrusion and injection molding. Different fiber contents and aging conditions, including controlled humidity and water immersion, will be considered.

Water absorption measurements, mechanical testing and morphological characterization will be performed to evaluate the effects of hygrothermal aging on the composite structure, fiber–matrix interface and mechanical properties. The study aims to contribute to the development of more durable and sustainable Alfa-reinforced polypropylene composites.

Keywords: Alfa fibers, Polypropylene, Natural fiber composites, Hygrothermal aging, Mechanical Properties, Water absorption.

HYBRID WATER REMEDIATION USING BIOCHAR AND GREEN-SYNTHESIZED ZNO/CUO NANOCOMPOSITE DERIVED FROM EUCALYPTUS CAMALDULENSIS

Fatima Charboub[ab]*, Abdallah Albourine[bc]*, Rachid Ait Akbour[a]
[a] Applied Chemistry Physical Laboratory, Faculty of Sciences, Ibn Zohr University, Agadir, Morocco.
[b] Laboratory of Materials and Environment, Faculty of Sciences, Ibn Zohr University, Agadir, Morocco.
[c] Laboratory of Industrial Engineering Energy and Environment (LI3E), SupMT I, Rabat, Morocco

Abstract:

The coexistence of heavy metals and pesticide residues in aquatic environments has become one of the most critical environmental challenges due to their persistence, toxicity, and potential synergistic effects on ecosystems and human health. Conventional wastewater treatment technologies are generally designed to remove either inorganic or organic pollutants separately, resulting in limited efficiency when treating complex multi-contaminant systems. Consequently, the development of sustainable multifunctional materials capable of simultaneously eliminating different classes of pollutants has attracted increasing scientific interest.

This study presents a novel green hybrid treatment strategy combining adsorption and photocatalysis using renewable biomass-derived materials for the remediation of contaminated water. A modified biochar prepared from Eucalyptus camaldulensis leaves was employed as an efficient adsorbent for the simultaneous removal of Pb(II) and Cd(II), while a green ZnO/CuO heterojunction nanocomposite synthesized using Eucalyptus leaf extract was developed as a visible light photocatalyst for the degradation of three representative pesticides, namely carbendazim, carbetamide, and diuron.

The synthesized materials were comprehensively characterized using X-ray diffraction (XRD), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), scanning electron microscopy coupled with energy-dispersive X-ray spectroscopy (SEM–EDS), Brunauer–Emmett–Teller (BET) surface area analysis, and thermogravimetric analysis (TGA/DTA). Batch experiments were performed to investigate the influence of operational parameters including solution pH, contact time, adsorbent dosage, catalyst loading, and initial pollutant concentration. Adsorption equilibrium and kinetic models were applied to elucidate the interaction mechanisms between pollutants and the adsorbent surface, while the photocatalytic degradation pathway was evaluated under light irradiation.

The developed biochar exhibited enhanced adsorption performance owing to its highly porous structure and abundant oxygen-containing functional groups, promoting ion exchange, electrostatic attraction, and surface complexation with heavy metal ions. Simultaneously, the

ZnO/CuO nanocomposite demonstrated efficient photocatalytic activity through improved charge separation at the heterojunction interface, leading to the generation of reactive oxygen species responsible for pesticide mineralization. The integration of both treatment processes provides complementary removal mechanisms capable of addressing mixed pollution more efficiently than conventional single-process technologies.

Beyond pollutant removal, this work highlights the valorization of agricultural biomass into high-value functional materials through environmentally friendly synthesis routes. The proposed hybrid system contributes to the advancement of sustainable water treatment technologies by integrating green chemistry, circular economy principles, and multifunctional materials for the remediation of complex wastewater. These findings demonstrate the potential of Eucalyptus-derived materials as promising candidates for future large-scale environmental applications.

Keywords: Adsorption; Biochar; Eucalyptus camaldulensis; Heavy metals; Hybrid water treatment; Green synthesis; Pesticides; Photocatalysis; Sustainable wastewater remediation; ZnO/CuO nanocomposite.

AN EXPLORATION OF RESISTANCE TO RETURN TO HOMETOWN AFTER GRADUATION - A STUDY EMPLOYING MEAN-END CHAIN THEORY AND LADDERING INTERVIEW APPROACH

Le Thi Thanh Xuan* and Pham Hong Khang Trang
School of Industrial Management, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), Vietnam National University of Technology
268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

ABSTRACT

The present study aims to identify the chain of attributes that prevent students from returning to their hometowns for work after graduation, by analyzing the linkages between attributes – consequences – values in students' decision-making behavior. Based on the research findings, the author proposes practical managerial implications to support local authorities and hometown-based enterprises in attracting young labor forces, especially fresh graduates, to return and contribute to the development of their local communities.

To address the research objectives, the Means-End Chain (MEC) theory and soft laddering interview are employed. The results, gathered from in-depth interviews with 20 university students in Ho Chi Minh City, identified 13 attributes (A), 13 consequences (C), and 5 values (V). After being synthesized, processed, and analyzed, the data was presented using the Attribute–Consequence–Value (ACV) linkage technique, the Association Pattern Technique (APT), including two matrices: the attribute–consequence matrix and the consequence–value matrix. From this, the Hierarchical Value Map (HVM) was constructed, clearly visualizing the chain of influence in students' job location choices.

From the HVM, it was identified 3 core values that strongly influence students' reluctance to return to their hometowns: career development value, financial value, and health value. Key attributes frequently mentioned by students include: limited job options that align with their career orientation; restricted opportunities for professional development; low salary and limited benefits; lack of large or multinational companies; and an unmotivating, stagnant working environment. These attributes and their associated consequences are closely linked to important values that shape graduates' career decisions.

Based on these findings, managerial implications and practical solutions, such as attracting investment from large-scale enterprises, building a supportive career development ecosystem in local areas, and implementing financial and motivational policies for fresh graduates, are proposed. This research also suggests future studies may consider expanding the sample size, geographic scope, and analyzing students' decisions based on academic major or career expectations.

IMPACT OF SORET AND DUFOUR EFFECTS ON HEAT AND MASS TRANSFER OF HYBRID NANOFLUIDS IN MAGNETIZED ARTERIAL STENOSIS

Dr.Mahalaxmi
Assistant Professor
Department of Mathematics
Khaja Bandanawaz university

Abstract

Gold and silver nanoparticles have attracted significant attention from researchers owing to diverse biomedical operations. Silver nanoparticles are well known for their anti-allergic and antimicrobial attributes, whereas gold nanoparticles are known for their targeted drug delivery. This research model captures the characteristics of hybrid blood (Ag-Au nanoparticles) flowing through a cosine-shaped arterial stenosis. An analytic model was established to examine the fundamental dynamics and resolve it numerically using the bvp5c MATLAB platform. The Computing results regarding the energy and flow domains were analysed using numerical and pictorial representations for both normal and inclined magnetic fields. It is noted that flow and transmission of heat are higher in inclined fields than in a normal field. The consequences of skin friction factor, Sherwood number, and local Nusselt number.

Keywords: hybrid nanofluid, MHD, non-uniform heat/sink, Soret and Dufour, stenosis artery

DESIGN AND OPTIMIZATION OF ONDANSETRON ORODISPERSIBLE FILMS USING A 3^2 FACTORIAL DESIGN

J.RUPAVATHI CHRISTINA
M.Pharm First Year, Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Selaiyur, Chennai, Tamil Nadu, India.
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-9448-6834
Dr.R.DEVI
GUIDE AND PROFESSOR
Department of Pharmaceutics, Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Selaiyur, Chennai, Tamil Nadu, India.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6554-6771
Dr.R.SRINIVASAN
DEAN AND PROFESSOR
Department of Pharmaceutical Chemistry, Faculty of Pharmacy, Bharath Institute of Higher Education and Research, Selaiyur, Chennai, Tamil Nadu, India.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1931-3328

ABSTRACT

Ondansetron, a 5-HT3 receptor antagonist, is widely used for preventing chemotherapy-induced and postoperative nausea and vomiting. Patients experiencing nausea often struggle to swallow conventional tablets, making fast-dissolving dosage forms desirable. The present study aimed to formulate and optimize ondansetron orodispersible films (ODFs) using a 3^2 factorial design. Films were prepared by the solvent casting method using hydroxypropyl methylcellulose (HPMC E5) as the film-forming polymer and propylene glycol as the plasticizer, with crospovidone as the superdisintegrant and a sweetener included to improve disintegration and palatability. The concentration of HPMC (X1) and plasticizer (X2) were chosen as independent variables at three levels each, giving nine formulations. Disintegration time, tensile strength, and percentage drug release at 5 minutes were selected as dependent responses. Films were evaluated for weight variation, thickness, folding endurance, surface pH, drug content, and in vitro dissolution. Statistical analysis (ANOVA) and response surface plots showed that both factors significantly influenced the responses. The optimized formulation, identified using the desirability function, exhibited rapid disintegration, adequate mechanical strength, uniform drug content, and rapid drug release. The optimized ODF offers a patient-friendly, rapidly acting alternative to conventional ondansetron tablets.

Keywords: Ondansetron, orodispersible film, 3^2 factorial design, HPMC, solvent casting, optimization

WHAT THE TELLING REVEALS: NARRATIVE ANALYSIS ACROSS DISCIPLINES, WITH ISHIGURO'S *THE REMAINS OF THE DAY*

Niblin Niknash A N
Academy of Maritime Education and Training Deemed to be University,
Assistant Professor, Department of English,
Kanathur, Tamil Nadu, India
ORCID ID: 0009-0009-7541-755X

Abstract

Researchers in many fields collect people's accounts, such as interviews, case files or memoirs. Most of us then summarise them. A summary tells us what was said. It rarely tells us how it was said: which events come first, which are skipped, and whose voice we are hearing. This paper argues that these details count as evidence, and that narrative analysis is the method for reading them. It tests the idea on one short example from literature. In Kazuo Ishiguro's *The Remains of the Day*, the butler Stevens tells the story of his years serving Lord Darlington. A simple summary would call him loyal and dignified. Looking at the order of his telling, his narrating voice, and the way he comments on his own story, using ideas from Genette and from Labov and Waletzky, gives a fuller picture. Following Kathleen Wall, the paper treats Stevens's description of events as mostly trustworthy and his explanation of them as the weak point. It then looks at how he avoids certain subjects, for example by shifting from 'I' to 'one' and by falling back on the word 'professional'. Labov's model was made for spoken personal stories, so using it on a novel needs care, and the paper says where it falls short. It ends by showing what researchers working with interviews or documents can take from this reading.

Keywords: *narrative analysis; unreliable narration; interdisciplinary methods; voice and sequence*

PHYSICAL ACTIVITY AND THE PROGRESSION OF CHRONIC KIDNEY DISEASE: A NARRATIVE REVIEW OF OBSERVATIONAL AND INTERVENTIONAL EVIDENCE

Prof. Asoc. Genta Nallbani
Department of Kinesiology, Sport University of Tirana, Albania
Anisa Cenaj
Nephrologist, Health Center for Specialities No. 3, Tirana, Albania

ABSTRACT

Chronic kidney disease (CKD) affects an estimated 850 million people worldwide and carries a high burden of cardiovascular disease, hospitalisation and premature death. Even with modern nephroprotective drugs, many patients continue to lose kidney function. Physical inactivity is common in CKD and is a modifiable target, but it remains unclear whether increased physical activity slows kidney function decline. The aim of this study is to summarise and critically appraise evidence on physical activity, structured exercise, and CKD progression in adults not receiving kidney replacement therapy, and to identify research gaps that justify new longitudinal studies. Narrative review of observational cohort studies, randomised controlled trials (RCTs), systematic reviews, meta-analyses and clinical practice guidelines, focusing on publications from roughly the last 15 years. Evidence from dialysis and kidney transplant populations was included only where it informs safety, feasibility or implementation. Large cohorts (CRIC, Seattle Kidney Study, UK Biobank, a Taiwanese cohort of more than 500,000 adults) consistently link higher habitual activity with slower eGFR decline, lower risk of incident CKD or kidney failure, fewer cardiovascular events and lower mortality. RCTs in non-dialysis CKD are small and mostly shorter than 12 months; they reliably improve aerobic capacity, muscle strength, blood pressure and quality of life, while effects on measured or estimated GFR are small and inconsistent. KDIGO 2024 recommends at least 150 minutes per week of moderate-intensity activity, but grades the evidence as very low (1D). Physical activity is safe and clearly beneficial for function, symptoms and cardiovascular risk in CKD. Its renoprotective effect is biologically plausible but unproven. Long-term cohorts with repeated kidney function measurements, objective activity assessment and careful handling of reverse causation are needed, particularly in under-represented outpatient populations such as those in South-Eastern Europe.

Keywords: chronic kidney disease; physical activity; exercise; eGFR decline; albuminuria; disease progression; outpatient care

1. INTRODUCTION

CKD is defined as abnormalities of kidney structure or function present for at least three months with implications for health. In practice this means an eGFR below 60 mL/min/1.73 m² and/or markers of kidney damage such as albuminuria (urine albumin-to-creatinine ratio, UACR, of 30 mg/g or more) (KDIGO, 2024). The disease is staged G1 to G5 by GFR and A1 to A3 by albuminuria. Kidney failure (G5, eGFR below 15 mL/min/1.73 m²) requires dialysis or transplantation for survival.

Global prevalence is around 13% (Hill et al., 2016), and more than 850 million people are thought to live with some form of kidney disease (Jager et al., 2019). Diabetes and hypertension are the leading causes (Levin et al., 2017). Early CKD is usually silent, and many affected people do not know they have it (Whaley-Connell et al., 2009). As kidney function falls, the risks of cardiovascular events, hospitalisation, poorer health-related quality of life (HRQoL) and death rise steeply (Go et al., 2004; Gansevoort et al., 2013).

Renin-angiotensin system blockers, SGLT2 inhibitors and mineralocorticoid receptor antagonists have improved outcomes. Residual risk nevertheless remains high, which has renewed interest in low-cost, scalable lifestyle measures that can sit alongside drug therapy. Stages G2 to G4 are an attractive window, because enough function remains for its decline to be slowed.

Physical inactivity is an established global risk factor for cardiovascular disease, diabetes and all-cause mortality (Bull et al., 2020). In the general population, higher activity lowers blood pressure, improves insulin sensitivity and endothelial function, and reduces systemic inflammation (Warburton & Bredin, 2017). Several of these pathways also drive CKD progression, together with chronic inflammation, vascular dysfunction and muscle wasting (Carrero et al., 2013). It is therefore plausible that activity could protect the kidney, both indirectly through risk factor control and directly through effects on renal haemodynamics, oxidative stress and fibrosis (Gollie et al., 2024).

Plausibility is not proof. Two partly overlapping research traditions exist. Observational cohorts study habitual physical activity, meaning any bodily movement that raises energy expenditure, usually measured by questionnaire and sometimes by accelerometer. Interventional trials study exercise training, meaning planned, structured and repeated sessions of aerobic, resistance or combined exercise over weeks to months. The two answer different questions, and conflating them has contributed to overstated claims about renoprotection.

The question is also locally relevant. In Albania, as elsewhere in South-Eastern Europe, population ageing and rising rates of diabetes, hypertension and obesity are likely to increase the CKD burden (OECD, 2019). National data on CKD prevalence and progression remain scarce and come mainly from hospital and dialysis registries rather than outpatient cohorts. Nephrology care focuses on pharmacotherapy and preparation for kidney replacement therapy, and structured activity counselling is not part of routine practice.

This review aims to (i) summarise observational and interventional evidence on physical activity and CKD progression in adults not on dialysis, (ii) describe how current guidelines translate that evidence, and (iii) identify the methodological gaps that new longitudinal studies should address.

2. Methods

This is a narrative review. It does not claim to be a systematic review and no pooled estimates were calculated.

Sources and search. Literature was identified in [PubMed/MEDLINE, Scopus and Google Scholar: AUTHOR TO CONFIRM] using combinations of the terms *chronic kidney disease*, *renal insufficiency, chronic*, *physical activity*, *exercise*, *exercise training*, *sedentary behaviour*, *glomerular filtration rate*, *eGFR decline*, *albuminuria*, *disease progression* and *kidney failure*. Reference lists of key reviews and guidelines were hand-searched. The search covered publications up to [month, year: AUTHOR TO CONFIRM], with emphasis on the last 10 to 15 years.

Eligibility. We included English-language (1) prospective or cross-sectional cohort studies relating habitual physical activity to kidney function, albuminuria, kidney failure, cardiovascular events or mortality in adults with or at risk of CKD; (2) RCTs and controlled trials of exercise training in non-dialysis CKD reporting any kidney outcome; (3) systematic reviews, meta-analyses and umbrella reviews; and (4) clinical practice guidelines and consensus statements. Dialysis and transplant studies were retained only for evidence on safety, feasibility and implementation.

Synthesis. Studies were grouped by design and outcome. For each key study we extracted population, sample size, exposure or intervention, follow-up, main finding and principal limitation (Tables 1 to 3). Appraisal focused on four recurring threats to validity: reverse causation, residual confounding, exposure measurement error and outcome definition.

3. Results

Observational data consistently associate higher activity with better kidney, cardiovascular and survival outcomes, while trials show clear functional benefit but no convincing effect on GFR.

3.1 Physical inactivity across the CKD spectrum

People with CKD are markedly less active than the general population at every stage, including early CKD, and activity falls further as the disease advances (Wilkinson et al., 2021a; Zelle et al., 2017). Fatigue, comorbidity, reduced mobility, depression and lack of advice from clinicians all contribute. Low activity and poor physical function are strongly associated with frailty, hospitalisation and all-cause mortality across all stages and treatment modalities (Beddhu et al., 2009; Painter & Roshanravan, 2013). Frailty in CKD is as common as, or more common than, in much older adults from the general population.

3.2 Habitual activity and kidney outcomes in cohort studies

The first study to relate objectively measured activity to kidney function was a cross-sectional NHANES analysis of 2,114 adults with normal function or CKD stages 1 to 3 (Hawkins et al., 2011). Light and total activity were positively associated with eGFR. The association held in women regardless of diabetes, but in men only in those without diabetes. Its cross-sectional design cannot establish direction.

Longitudinal evidence followed. In the Seattle Kidney Study, more weekly self-reported activity was associated with slower annual eGFR decline (Robinson-Cohen et al., 2014). This was influential because it linked an everyday behaviour, not supervised training, to a measurable kidney endpoint. In CRIC, a combination of healthy lifestyle factors including regular activity was associated with lower risk of CKD progression and death (Ricardo et al., 2015). Population cohorts extend the picture: higher activity predicted lower incidence of kidney failure in the Southern Community Cohort (Pike et al., 2019), and leisure-time moderate-to-vigorous activity showed a dose-response relationship with lower kidney failure risk in more than half a million Taiwanese adults (Tsai et al., 2022). In UK Biobank, both questionnaire-based and accelerometer-based activity were associated with lower risk of incident CKD (Zhang et al., 2023). In adults with type 2 diabetes and overweight or obesity, more accelerometer-measured moderate-to-vigorous activity was associated with lower risk of CKD progression (Liu et al., 2024).

Study	Design, population	n	Activity measure	Main finding	Main limitation
Beddhu et al., 2009	NHANES III, adults with CKD	Not stated in source	Self-report	Inactivity associated with higher mortality	Self-report, confounding by health status
Hawkins et al., 2011	NHANES 2003 to 2006, cross-sectional, eGFR 30 or more	2,114	Accelerometer and questionnaire	Light and total activity positively associated with eGFR	Cross-sectional; eGFR only, no UACR
Robinson-Cohen et al., 2014	Seattle Kidney Study, prospective CKD cohort	254	Self-report	More weekly activity associated with slower eGFR decline	Small, self-report, selection bias
Ricardo et al., 2015	CRIC, prospective CKD cohort	3,006	Self-report, lifestyle score	Healthy lifestyle (incl. regular activity) associated with lower progression and death	Lifestyle measured once at baseline
Pike et al., 2019	Southern Community Cohort, general population	Not stated in source	Self-report	Higher activity associated with lower kidney failure incidence	Not a CKD cohort
Bruinius et al., 2022	CRIC, prospective CKD cohort	3,926	Self-report	Higher activity associated with fewer CV events and lower mortality	Misclassification from self-report
Tsai et al., 2022	Taiwanese health screening cohort	543,667	Self-report, leisure time	Dose-response reduction in kidney failure risk	Mostly people without CKD at entry
Zhang et al., 2023	UK Biobank, prospective	448,444 and 89,296	IPAQ and 7-day accelerometer	Higher activity associated with lower incident CKD	Incident CKD, not progression
Liu et al., 2024	Adults with type 2 diabetes and overweight/obesity	Not stated in source	Accelerometer, repeated	More MVPA associated with lower CKD progression risk	Diabetic, overweight population only
Xiong et al., 2024	Cross-sectional, prediabetes and diabetes	6,739	Domain-specific questionnaire	Leisure-time activity of 300 min/week or more associated with less albuminuria	Cross-sectional

Table 1. *Key observational studies of physical activity and kidney or survival outcomes. (CKD, chronic kidney disease; CRIC, Chronic Renal Insufficiency Cohort; CV, cardiovascular; IPAQ, International Physical Activity Questionnaire; MVPA, moderate-to-vigorous physical activity; NHANES, National Health and Nutrition Examination Survey).*

3.3 Albuminuria

Albuminuria is both a marker and a mediator of progression, and it may respond to lifestyle change sooner than eGFR. KDIGO places it at the centre of risk stratification (Levin et al., 2024; Bozkurt et al., 2025). Older observational data on activity and albuminuria were mixed, with the clearest associations in people with diabetes or hypertension (Robinson et al., 2010; Afsar, 2013). A recent analysis separated activity by domain and found that meeting leisure-time recommendations was associated with lower albuminuria in people with diabetes or prediabetes, whereas occupational and transport activity were not (Xiong et al., 2024). In the RENEXC trial, albuminuria fell in the strength-training arm (Hellberg et al., 2019).

3.4 Cardiovascular events and mortality

Cardiovascular disease, not kidney failure, is the commonest cause of death in non-dialysis CKD. The most robust associations in CKD cohorts are therefore between activity and

cardiovascular outcomes, mortality, physical function and frailty, rather than eGFR slope (Rampersad et al., 2021; Beddhu et al., 2009). In 3,926 CRIC participants, higher self-reported activity was associated with fewer atherosclerotic events, less incident heart failure and lower cardiovascular and all-cause mortality (Bruinius et al., 2022).

3.5 Exercise trials in non-dialysis CKD

Trials in non-dialysis CKD are small (often fewer than 100 participants), short (usually 12 to 52 weeks) and powered for functional outcomes such as peak oxygen uptake (VO_2peak), six-minute walk distance, strength or quality of life. Kidney outcomes are usually secondary.

Study	Population	n	Intervention, duration	Kidney finding	Other findings
Mustata et al., 2011	Pre-dialysis CKD	20	Exercise training vs usual care, 12 months	Not a primary outcome	Better physical function, arterial stiffness and HRQoL
Kosmadakis et al., 2012	CKD G4 to G5, non-randomised	40	Regular walking vs usual activity, 6 months	Not a primary outcome	Better exercise tolerance, weight loss, fewer added antihypertensives, better HRQoL
Hellberg et al., 2019 (RENEXC)	CKD G3 to G5	151	Home strength vs balance training, 12 months	mGFR fell similarly in both arms; albuminuria fell with strength training	Physical performance improved in both arms
Kirkman et al., 2021	CKD	36	Aerobic training vs control, 12 weeks	Not a primary outcome	Modest gain in cardiorespiratory fitness only
Hallan et al., 2025 (Generation 100)	Older adults, not a CKD cohort	1,156	Moderate or high-intensity training vs control, 5 years	High intensity reduced risk of rapid eGFR decline	Post hoc analysis
Suvannarot et al., 2025	CKD G2 to G3	64	Rhythmic walking 3 times/week vs usual care, 12 weeks	No difference in creatinine, eGFR or creatinine clearance	Better antioxidant capacity and CV performance
Davies et al., 2026 (GFR-Ex)	CKD G3 to G4, multicentre	74	Home aerobic or resistance training vs usual care, 12 months	Trend towards slower GFR decline (feasibility trial)	Safe and feasible

Table 2. *Selected exercise intervention studies in adults with non-dialysis CKD (HRQoL, health-related quality of life; mGFR, measured glomerular filtration rate).*

3.6 Systematic reviews and meta-analyses

Synthesised evidence agrees on non-renal benefit and disagrees on renal benefit. Heiwe and Jacobson (2014) concluded that exercise is feasible and safe at all CKD stages and improves fitness, strength and HRQoL. Aerobic training improves cardiorespiratory capacity, exercise duration, HDL cholesterol and quality of life (Pei et al., 2019). Zhang et al. (2019) pooled 13 RCTs (421 participants) and reported higher eGFR and lower blood pressure and BMI with exercise, but with marked heterogeneity and short follow-up. Villanego et al. (2020), pooling 21 RCTs, could not establish an effect on progression or start of kidney replacement therapy. Traise et al. (2024) and Hayden et al. (2024) reached the same conclusion: benefit to function, blood pressure and fitness is consistent, while the effect on kidney progression remains uncertain. An umbrella review of 44 meta-analyses including 35,432 patients highlighted the

growing evidence base but also persistent heterogeneity in interventions, populations and outcome measures (Correa et al., 2025). In the general population, a meta-analysis of 12 cohorts with more than 1.2 million participants linked higher activity to lower risk of developing CKD (Seidu et al., 2023).

3.7 Evidence from dialysis and transplant populations

These populations cannot inform progression, but they inform safety and implementation. Regular exercise in DOPPS was associated with better outcomes, and facilities offering programmes had more active patients (Tentori et al., 2010). Higher activity is associated with lower mortality in kidney failure, in a dose-response manner (Martins et al., 2021). Home-based low-intensity walking in EXCITE improved walking capacity and was well tolerated by older patients (Baggetta et al., 2018). In contrast, the PEDAL trial found no quality-of-life benefit from six months of intradialytic exercise, with low adherence (Greenwood et al., 2021). Implementation is limited by staff time, symptoms, vascular access concerns and unit culture (Wodskou et al., 2021; Martins et al., 2025). After transplantation, fitness and function improve quickly, suggesting that uraemia-related limitations are partly reversible (Calella et al., 2019; Wilkinson et al., 2021b).

3.8 Guidelines and consensus statements

Guidance has expanded in scope over two decades, but every major document grades the kidney-specific evidence as weak.

Source	Population	Recommendation	Strength of evidence
KDOQI, 2005	Haemodialysis	Maintain or increase activity; target 30 min moderate activity most days	Opinion-based
KDIGO, 2012	CKD	At least 30 min, 5 times per week, as tolerated	Extrapolated from other populations
Yamagata et al., 2019 (Japanese Society of Renal Rehabilitation)	Non-dialysis CKD	Moderate exercise, individualised for age and physical function	2C (weak recommendation, low certainty)
WHO (Bull et al., 2020)	Adults with chronic conditions	General activity targets; CKD not named specifically	Not CKD-specific
Baker et al., 2022 (UK Kidney Research Consortium)	Conservative care, dialysis, transplant	Integrate exercise and activity into routine care	Stronger for function than for kidney endpoints
Battaglia et al., 2024 (Italian Society of Nephrology)	All CKD stages	16 consensus statements: activity is safe and beneficial; possible renoprotection	Expert consensus
KDIGO, 2024	All CKD	At least 150 min/week moderate intensity, adapted to tolerance; limit sedentary time	1D (strong recommendation, very low certainty)

Table 3. *Physical activity recommendations for people with CKD (KDIGO, Kidney Disease: Improving Global Outcomes; KDOQI, Kidney Disease Outcomes Quality Initiative).*

4. Discussion

The evidence supports a confident statement about function and a cautious one about the kidney. Physical activity and structured exercise improve fitness, strength, blood pressure, symptoms and quality of life in CKD, and are safe when tailored to the patient. Whether they slow the loss of kidney function has not been shown in adequately powered trials with hard renal endpoints. KDIGO's 1D grading captures this exactly: a strong recommendation driven by broad health benefit, resting on very low certainty for kidney-specific outcomes.

4.1 Why the renal signal is hard to establish

Reverse causation. Sicker patients move less. Lower activity may therefore mark, rather than cause, faster decline. Cohorts that adjust for baseline eGFR, albuminuria and comorbidity, or that exclude early events, reduce but do not remove this bias (Traise et al., 2024).

Exposure measurement. Most cohorts rely on questionnaires, which over-estimate activity and capture sedentary time poorly. Accelerometers address this but are rarely used in CKD cohorts, and when used they usually cover a single week.

Outcome definition. Progression has been defined as eGFR slope, creatinine doubling, a 40% eGFR decline, kidney failure or worsening albuminuria. This heterogeneity limits pooling and partly explains why guidelines avoid firm claims (Baker et al., 2022).

Creatinine-based eGFR. Exercise can increase muscle mass and therefore serum creatinine, which lowers creatinine-based eGFR without any real loss of filtration. This bias works against finding a benefit and is a recognised weakness of trials using eGFR alone (Hellberg et al., 2019). Measured GFR or cystatin C-based estimates reduce the problem.

Duration and power. CKD progresses over years, but most trials last under one year and enrol fewer than 100 participants. Detecting a difference of 1 mL/min/1.73 m^2 per year in slope requires far larger or longer studies.

4.2 Plausible mechanisms

Indirect pathways are well supported: lower blood pressure (which may reduce intraglomerular pressure), better arterial stiffness and endothelial function, improved glycaemic control and insulin sensitivity, better lipid profile, less visceral fat and lower systemic inflammation. Direct pathways, including reduced oxidative stress and fibrosis, better mitochondrial function and favourable renal haemodynamics, come mainly from experimental work and remain hypotheses in humans (Gollie et al., 2024).

4.3 Implications for research

The gaps identified point to a specific design: a prospective cohort of outpatients with CKD G2 to G4, followed for at least three years, with repeated kidney function and albuminuria measurements, standardised and partly objective activity assessment, pre-specified confounders and sensitivity analyses for reverse causation. Such a study cannot prove causation, but it can describe real-world associations in a population that is under-represented in the literature and can justify, and inform the design of, future trials. Outpatient populations in South-Eastern Europe are a clear example: no large Albanian cohort has yet examined activity and CKD progression.

4.4 Implications for practice

Because the non-renal benefits are well established and risks are low, clinicians do not need to wait for renal outcome trials to advise activity. Brief assessment with a validated questionnaire and individualised advice towards the KDIGO target are reasonable in routine nephrology care. Claims to patients should be honest: activity improves how they feel and function and protects the heart; protection of the kidney is possible but not proven.

4.5 Limitations of this review

This is a narrative, not systematic, review. Study selection was not duplicated by independent reviewers, risk of bias was not formally scored, and only English-language publications were included. Selection and interpretation bias cannot be excluded.

5. Conclusion

Over the past 15 years the field has moved from observational links between inactivity and poor outcomes towards larger trials, meta-analyses and guideline recommendations that place physical activity within routine CKD care. Benefits for cardiovascular health, physical function and quality of life are consistent. A direct effect on CKD progression remains unproven, mainly because studies are short, use heterogeneous and creatinine-dependent endpoints, rely on self-reported activity, and rarely include outpatient populations outside North America, Western Europe and East Asia. Long-term prospective cohorts with repeated kidney measurements and partly objective activity assessment are the logical next step, and their results should determine whether large renal-outcome trials of activity counselling are warranted.

References

Afsar, B. (2013). Microalbuminuria, kidney function, and daily physical activity. *International Journal of Nephrology, 2013*, 248416. https://doi.org/10.1155/2013/248416

Baggetta, R., D'Arrigo, G., Torino, C., ElHafeez, S. A., Manfredini, F., Mallamaci, F., Zoccali, C., & Tripepi, G. (2018). Effect of a home based, low intensity, physical exercise program in older adults dialysis patients: A secondary analysis of the EXCITE trial. *BMC Geriatrics, 18*, 248. https://doi.org/10.1186/s12877-018-0938-5

Baker, L. A., March, D. S., Wilkinson, T. J., et al. (2022). Clinical practice guideline exercise and lifestyle in chronic kidney disease. *BMC Nephrology, 23*, 75. https://doi.org/10.1186/s12882-021-02618-1
Battaglia, Y., Baciga, F., Bulighin, F., et al. (2024). Physical activity and exercise in chronic kidney disease: Consensus statements from the Physical Exercise Working Group of the Italian Society of Nephrology. *Journal of Nephrology, 37*(7), 1735-1765. https://doi.org/10.1007/s40620-024-02049-9
Beddhu, S., Baird, B. C., Zitterkoph, J., Neilson, J., & Greene, T. (2009). Physical activity and mortality in chronic kidney disease (NHANES III). *Clinical Journal of the American Society of Nephrology, 4*(12), 1901-1906. https://doi.org/10.2215/CJN.01970309
Bozkurt, B., Rossignol, P., & Vassalotti, J. A. (2025). Albuminuria as a diagnostic criterion and a therapeutic target in heart failure and other cardiovascular disease. *European Journal of Heart Failure, 27*(11), 2357-2371. https://doi.org/10.1002/ejhf.3683
Bruinius, J. W., Hannan, M., Chen, J., et al. (2022). Self-reported physical activity and cardiovascular events in adults with CKD: Findings from the CRIC Study. *American Journal of Kidney Diseases, 80*(6), 751-761.e1. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2022.05.007
Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., et al. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine, 54*(24), 1451-1462. https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955
Calella, P., Hernández-Sánchez, S., Garofalo, C., Ruiz, J. R., Carrero, J. J., & Bellizzi, V. (2019). Exercise training in kidney transplant recipients: A systematic review. *Journal of Nephrology, 32*(4), 567-579. https://doi.org/10.1007/s40620-019-00583-5
Carrero, J. J., Stenvinkel, P., Cuppari, L., et al. (2013). Etiology of the protein-energy wasting syndrome in chronic kidney disease: A consensus statement from the International Society of Renal Nutrition and Metabolism (ISRNM). *Journal of Renal Nutrition, 23*(2), 77-90. https://doi.org/10.1053/j.jrn.2013.01.001
Correa, H. L., Rosa, T. G., Santos, R. L., et al. (2025). The impact of different exercise modalities on chronic kidney disease: An umbrella review of meta-analyses. *Frontiers in Physiology, 15*, 1444976. https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1444976
Davies, M. D., Briggs, J., Alejmi, A., Macdonald, J. H., & Greenwood, S. A. (2026). Exercise training and progression of chronic kidney disease: The GFR-Exercise Study (GFR-Ex) randomized controlled feasibility study. *American Journal of Nephrology*. Advance online publication. https://doi.org/10.1159/000549971
Gansevoort, R. T., Correa-Rotter, R., Hemmelgarn, B. R., et al. (2013). Chronic kidney disease and cardiovascular risk: Epidemiology, mechanisms, and prevention. *The Lancet, 382*(9889), 339-352. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60595-4
Go, A. S., Chertow, G. M., Fan, D., McCulloch, C. E., & Hsu, C. Y. (2004). Chronic kidney disease and the risks of death, cardiovascular events, and hospitalization. *New England Journal of Medicine, 351*(13), 1296-1305. https://doi.org/10.1056/NEJMoa041031
Gollie, J. M., Ryan, A. S., Sen, S., et al. (2024). Exercise for patients with chronic kidney disease: From cells to systems to function. *American Journal of Physiology. Renal Physiology, 326*(3), F420-F437. https://doi.org/10.1152/ajprenal.00302.2023
Greenwood, S. A., Koufaki, P., Macdonald, J. H., et al. (2021). Randomized trial: PrEscription of intraDialytic exercise to improve quAlity of Life in patients receiving hemodialysis. *Kidney International Reports, 6*(8), 2159-2170. https://doi.org/10.1016/j.ekir.2021.05.034
Hallan, S. I., Øvrehus, M. A., Shlipak, M. G., et al. (2025). Long-term physical exercise for preventing CKD in older adults: A randomized clinical trial. *Journal of the American Society of Nephrology, 36*(7), 1352-1362. https://doi.org/10.1681/ASN.0000000636
Hawkins, M. S., Sevick, M. A., Richardson, C. R., Fried, L. F., Arena, V. C., & Kriska, A. M. (2011). Association between physical activity and kidney function: National Health and Nutrition Examination Survey. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 43*(8), 1457-1464. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31820c0130
Hayden, C. M. T., Begue, G., Gamboa, J. L., Baar, K., & Roshanravan, B. (2024). Review of exercise interventions to improve clinical outcomes in nondialysis CKD. *Kidney International Reports, 9*(11), 3097-3115. https://doi.org/10.1016/j.ekir.2024.07.032
Heiwe, S., & Jacobson, S. H. (2014). Exercise training in adults with CKD: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Kidney Diseases, 64*(3), 383-393. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2014.03.020
Hellberg, M., Höglund, P., Svensson, P., & Clyne, N. (2019). Randomized controlled trial of exercise in CKD: The RENEXC study. *Kidney International Reports, 4*(7), 963-976. https://doi.org/10.1016/j.ekir.2019.04.001
Hill, N. R., Fatoba, S. T., Oke, J. L., et al. (2016). Global prevalence of chronic kidney disease: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE, 11*(7), e0158765. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158765
Jager, K. J., Kovesdy, C., Langham, R., Rosenberg, M., Jha, V., & Zoccali, C. (2019). A single number for advocacy and communication: Worldwide more than 850 million individuals have kidney diseases. *Kidney International, 96*(5), 1048-1050. https://doi.org/10.1016/j.kint.2019.07.012

KDIGO CKD Work Group. (2013). KDIGO 2012 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. *Kidney International Supplements, 3*(1), 1-150.
KDIGO CKD Work Group. (2024). KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. *Kidney International, 105*(4S), S117-S314. https://doi.org/10.1016/j.kint.2023.10.018
K/DOQI Workgroup. (2005). K/DOQI clinical practice guidelines for cardiovascular disease in dialysis patients. *American Journal of Kidney Diseases, 45*(4 Suppl 3), S1-S153.
Kirkman, D. L., Ramick, M. G., Muth, B. J., Stock, J. M., Townsend, R. R., & Edwards, D. G. (2021). A randomized trial of aerobic exercise in chronic kidney disease: Evidence for blunted cardiopulmonary adaptations. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 64*(6), 101469. https://doi.org/10.1016/j.rehab.2020.101469
Kosmadakis, G. C., John, S. G., Clapp, E. L., et al. (2012). Benefits of regular walking exercise in advanced pre-dialysis chronic kidney disease. *Nephrology Dialysis Transplantation, 27*(3), 997-1004. https://doi.org/10.1093/ndt/gfr364
Levin, A., Tonelli, M., Bonventre, J., et al. (2017). Global kidney health 2017 and beyond: A roadmap for closing gaps in care, research, and policy. *The Lancet, 390*(10105), 1888-1917. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30788-2
Levin, A., Ahmed, S. B., Carrero, J. J., et al. (2024). Executive summary of the KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease: Known knowns and known unknowns. *Kidney International, 105*(4), 684-701. https://doi.org/10.1016/j.kint.2023.10.016
Liu, M., Zhang, Y., Zhang, Y., et al. (2024). Association of accelerometer-measured physical activity and its change with progression to chronic kidney disease in adults with type 2 diabetes and overweight/obesity. *British Journal of Sports Medicine, 58*(6), 313-319. https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-107564
Martins, P., Marques, E. A., Leal, D. V., Ferreira, A., Wilund, K. R., & Viana, J. L. (2021). Association between physical activity and mortality in end-stage kidney disease: A systematic review of observational studies. *BMC Nephrology, 22*(1), 227. https://doi.org/10.1186/s12882-021-02407-w
Martins, P. M., Leal, D. V., Ferreira, A. A., Wilund, K. R., & Viana, J. L. (2025). Intradialytic exercise: A controlled nationwide effectiveness-implementation study. *Clinical Kidney Journal, 19*(1), sfaf361. https://doi.org/10.1093/ckj/sfaf361
Mustata, S., Groeneveld, S., Davidson, W., Ford, G., Kiland, K., & Manns, B. (2011). Effects of exercise training on physical impairment, arterial stiffness and health-related quality of life in patients with chronic kidney disease: A pilot study. *International Urology and Nephrology, 43*(4), 1133-1141. https://doi.org/10.1007/s11255-010-9823-7
OECD. (2019). [Full reference missing in source: AUTHOR TO ADD, or delete the in-text citation.]
Painter, P., & Roshanravan, B. (2013). The association of physical activity and physical function with clinical outcomes in adults with chronic kidney disease. *Current Opinion in Nephrology and Hypertension, 22*(6), 615-623. https://doi.org/10.1097/MNH.0b013e328365b43a
Pei, G., Tang, Y., Tan, L., Tan, J., Ge, L., & Qin, W. (2019). Aerobic exercise in adults with chronic kidney disease (CKD): A meta-analysis. *International Urology and Nephrology, 51*(10), 1787-1795. https://doi.org/10.1007/s11255-019-02234-x
Pike, M., Taylor, J., Kabagambe, E., et al. (2019). The association of exercise and sedentary behaviours with incident end-stage renal disease: The Southern Community Cohort Study. *BMJ Open, 9*(8), e030661. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-030661
Rampersad, C., Brar, R., Connelly, K., et al. (2021). Association of physical activity and poor health outcomes in patients with advanced CKD. *American Journal of Kidney Diseases, 78*(3), 391-398. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2020.12.018
Ricardo, A. C., Anderson, C. A., Yang, W., et al. (2015). Healthy lifestyle and risk of kidney disease progression, atherosclerotic events, and death in CKD: Findings from the Chronic Renal Insufficiency Cohort (CRIC) Study. *American Journal of Kidney Diseases, 65*(3), 412-424. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2014.09.016
Robinson, E. S., Fisher, N. D., Forman, J. P., & Curhan, G. C. (2010). Physical activity and albuminuria. *American Journal of Epidemiology, 171*(5), 515-521. https://doi.org/10.1093/aje/kwp442
Robinson-Cohen, C., Littman, A. J., Duncan, G. E., et al. (2014). Physical activity and change in estimated GFR among persons with CKD. *Journal of the American Society of Nephrology, 25*(2), 399-406. https://doi.org/10.1681/ASN.2013040392
Seidu, S., Abdool, M., Almaqhawi, A., et al. (2023). Physical activity and risk of chronic kidney disease: Systematic review and meta-analysis of 12 cohort studies involving 1,281,727 participants. *European Journal of Epidemiology, 38*(3), 267-280. https://doi.org/10.1007/s10654-022-00961-7
Suvannarot, P., Roengrit, T., Anuchitchanchai, P., & Prasertsri, P. (2025). Rhythmic walking exercise as a low-intensity strategy to enhance health and preserve kidney function in individuals with CKD stages 2-3. *Life, 15*(11), 1735. https://doi.org/10.3390/life15111735

Tentori, F., Elder, S. J., Thumma, J., et al. (2010). Physical exercise among participants in the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS): Correlates and associated outcomes. *Nephrology Dialysis Transplantation, 25*(9), 3050-3062. https://doi.org/10.1093/ndt/gfq138
Traise, A., Dieberg, G., Pearson, M. J., & Smart, N. A. (2024). The effect of exercise training in people with pre-dialysis chronic kidney disease: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Nephrology, 37*(8), 2063-2098. https://doi.org/10.1007/s40620-024-02081-9
Tsai, M. K., Gao, W., Chien, K. L., Hsu, C. C., & Wen, C. P. (2022). Role of physical activity in lowering risk of end-stage renal disease. *Mayo Clinic Proceedings, 97*(5), 881-893. https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2021.10.027
Villanego, F., Naranjo, J., Vigara, L. A., et al. (2020). Impact of physical exercise in patients with chronic kidney disease: Systematic review and meta-analysis. *Nefrología, 40*(3), 237-252. https://doi.org/10.1016/j.nefro.2020.01.002
Warburton, D. E. R., & Bredin, S. S. D. (2017). Health benefits of physical activity: A systematic review of current systematic reviews. *Current Opinion in Cardiology, 32*(5), 541-556. https://doi.org/10.1097/HCO.0000000000000437
Whaley-Connell, A., Sowers, J. R., McCullough, P. A., et al. (2009). Diabetes mellitus and CKD awareness: The Kidney Early Evaluation Program (KEEP) and National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). *American Journal of Kidney Diseases, 53*(4 Suppl 4), S11-S21. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2009.01.004
Wilkinson, T. J., Clarke, A. L., Nixon, D. G. D., et al. (2021a). Prevalence and correlates of physical activity across kidney disease stages: An observational multicentre study. *Nephrology Dialysis Transplantation, 36*(4), 641-649. https://doi.org/10.1093/ndt/gfz235
Wilkinson, T. J., Bishop, N. C., Billany, R. E., et al. (2021b). The effect of exercise training interventions in adult kidney transplant recipients: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. *Physical Therapy Reviews, 27*(2), 114-134. https://doi.org/10.1080/10833196.2021.2002641
Wodskou, P. M., Reinhardt, S. M., Andersen, M. B., Molsted, S., & Schou, L. H. (2021). Motivation, barriers, and suggestions for intradialytic exercise: A qualitative study among patients and nurses. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(19), 10494. https://doi.org/10.3390/ijerph181910494
Xiong, B., Wang, Y., He, J., et al. (2024). Association of domain-specific physical activity with albuminuria among prediabetes and diabetes: A large cross-sectional study. *Journal of Translational Medicine, 22*(1), 252. https://doi.org/10.1186/s12967-024-05061-6
Yamagata, K., Hoshino, J., Sugiyama, H., et al. (2019). Clinical practice guideline for renal rehabilitation: Systematic reviews and recommendations of exercise therapies in patients with kidney diseases. *Renal Replacement Therapy, 5*, 28. https://doi.org/10.1186/s41100-019-0209-8
Zelle, D. M., Klaassen, G., van Adrichem, E., Bakker, S. J. L., Corpeleijn, E., & Navis, G. (2017). Physical inactivity: A risk factor and target for intervention in renal care. *Nature Reviews Nephrology, 13*, 152-168. https://doi.org/10.1038/nrneph.2017.44
Zhang, L., Wang, Y., Xiong, L., Luo, Y., Huang, Z., & Yi, B. (2019). Exercise therapy improves eGFR, and reduces blood pressure and BMI in non-dialysis CKD patients: Evidence from a meta-analysis. *BMC Nephrology, 20*(1), 398. https://doi.org/10.1186/s12882-019-1586-5
Zhang, X., Liu, Y. M., Lei, F., et al. (2023). Association between questionnaire-based and accelerometer-based physical activity and the incidence of chronic kidney disease using data from UK Biobank: A prospective cohort study. *eClinicalMedicine, 66*, 102323. https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2023.102323

THE CONSTRUCTION OF EDUCATION IN THE ERA OF MUHAMMAD'S PROPHETY(A Study of Islamic Educational Practices)

Silakhudin
Faculty of Engineering, University of 17 Agustus 1945 Samarinda
Jalan Ir. H. Juanda 80, Samarinda City, East Kalimantan, Indonesia

Abstract

One of the frequently asked questions regarding Islam is the concept of Islamic education. The concept of Islamic education is certainly based on normative values as contained in the Quran and Sunnah. However, historically, it is necessary to examine Islamic education when the Prophet Muhammad SAW began his Islamic message, preached in the early Islamic period, and conducted educational processes for Muslims in Mecca and Medina. Education during the Prophet's time consisted of the Mecca and Medina periods. The first period lasted from 611 to 622 AD, spanning 12 years, 5 months, and 21 days. The Islamic education system relied more on the Prophet, who determined the educational materials. The Prophet provided education secretly, especially to his family, in addition to giving speeches and lectures in crowded places. Meanwhile, the teaching materials provided only revolved around the 93 verses of the Quran and their instructions. The form of education during the time of the Prophet Muhammad SAW was Shuffah, a place for educational activities equipped with accommodation for immigrants and the poor. The second is Kuttab/Maktab, which is a place for writing, or a place where writing activities take place. Kuttab or Maktab have the same term in the sense of a basic Islamic educational institution where reading and writing are taught, then advanced to reading the Quran and basic religious knowledge. Halaqah is a circle, a teaching system implemented by students in a circle around their teacher. Majlis is a seating area, namely the places where teaching and learning take place. Majlis means a session where teaching activities or discussions take place. Majlis is a teaching activity with the name of the place according to the teacher. Finally, there is a mosque, where the mosque is one of the educational institutions.

Katakunci: Al Qur’an, muslim, Islamic Education, Construction of Education, majlis

THE EPISTEMOLOGICAL AND TRANSLATIONAL DISCOURSE ON THE MULTIDIMENSIONAL CONVERGENCE OF CLINICAL EVIDENCE, PHARMACOLOGICAL SCIENCES, CANCER BIOLOGY, MOLECULAR GENOMICS, PRECISION ONCOLOGY, THERAPEUTIC PHARMACOLOGY, TRANSFORMATIVE BIOMEDICAL RESEARCH, TISSUE AND ORGAN RECONSTITUTION, IMMUNOLOGIC THERAPEUTICS, MOLECULARLY TARGETED INTERVENTIONS, ADVANCED CELLULAR MEDICINE, PRECISION GENOME ENGINEERING, BIOMARKER-DRIVEN DIAGNOSTIC AND PROGNOSTIC STRATIFICATION, INDIVIDUALIZED THERAPEUTIC DECISION-MAKING, INNOVATIVE THERAPEUTIC PLATFORMS, AND STEM-CELL–BASED REGENERATIVE BIOMEDICINE

Nodar Sulashvili [1], Nato Alavidze [2], Ketevani Gabunia [3], Diego Rada Fernandez de Jauregui [4], Maka Buleishvili [5], Lali Patsia [6], Ada (Adel) Tadevosyan [7], Vira Kravchenko [8], Olga Shapoval [9], Marika Sulashvili [10], Nana Gorgaslidze [11], Marina Giorgobiani [12], Igor Seniuk [13], Nino Abuladze [14], Tamar Okropiridze [15], David Aphkhazava [16]

1. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical and Pharmacological Sciences In Medicine, 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; Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU; Invited Professor/Lecturer of Scientific Research-Skills Center at Tbilisi State Medical University; Invited Lecturer of Clinical Pharmacology Department at Tbilisi State Medical University; Scientific Researcher, Best, Top Academic Scientist, Georgia, Europe, Worldwide; Associate Professor of Biochemistry and Pharmacology Direction of School of Health Sciences at The University of Georgia; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of International School of Medicine at Alte University; Tbilisi, Georgia; Scientific Researcher of Yerevan State Medical University After Mk. Heratsi, Yerevan, Republic of Armenia; Former Clinical Pharmacologist of London Lewisham University Hospital, London, England, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland; https://orcid.org/0000-0002-9005-8577 E-mail: n.sulashvili@ug.edu.ge
2. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of Akaki Tsereteli State University, Faculty of Medicine, Department of Pharmacy, Kutaisi, Georgia; Professor, Head of The Medical Doctor Degree Program of Faculty of Healthcare Sciences at East European University, Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0001-6695-5924
3. 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;
4. PhD and BSc in Pharmacy, MSc in Research Methodology in Health Sciences, Professor, Pharmacy Faculty, University of the Basque Country, Spain. https://orcid.org/0000-0002-9109-1088
5. 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
6. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Doctor Cardiologist at Republican Hospital, Invited Professor of Tbilisi State Medical University, Professor of Ken Walker international University, Professor of International School of Medicine at Alte University, Professor of Faculty of Medicine at Sulkhan-Saba Orbeliani University, Tbilisi, Georgia.
7. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Academician, Professor of Yerevan State Medical University, Academician and Full Member of the International Academy of Sciences of Ecology and Life Safety (MANEB), Academician of the Republic Armenia Law Academy, Member of the Association of Psychiatrists of Armenia, World Association of Psychiatrists, International

Association for Traumatic Stress, World Association for Biological Psychiatry, International Association "Stress and Behavior", Licensed Psychiatrist, Psychotherapist, Public Health Organizer; Tbilisi-Georgia, Yerevan-Armenia, Los Angeles-USA;
8. 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
9. 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
10. 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;
11. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Academician, Professor of Tbilisi State Medical University, Head of The Department of Social and Clinical Pharmacy, Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0002-4563-5224
12. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Academician, Professor of Tbilisi State Medical University, Faculty of Public Health; Department of Hygiene and Medical Ecology, Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0003-0686-5227
13. 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
14. 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
15. MD, PhD, Doctor Medical Sciences, Academician, Professor of the Division of Dentistry of International School of Medicine at Alte University; Invited Professor of Dentistry Department of The School of Health Sciences at The University of Georgia, Tbilisi, Georgia;
16. PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor of Biochemistry at The University of Georgia, Tbilisi, Georgia. Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6216-6477

ABSTRACT

The contemporary biomedical sciences are undergoing a profound epistemological, technological, and translational transformation characterized by the increasing convergence of clinical evidence, pharmacological sciences, cancer biology, molecular genomics, precision oncology, immunotherapeutics, cellular medicine, genome engineering, biomarker science, and regenerative biomedicine. This scientific convergence is progressively redefining conventional paradigms of disease characterization, therapeutic development, clinical decision-making, and restoration of structurally or functionally compromised tissues. The present scholarly analysis examines the multidimensional integration of these rapidly evolving scientific domains and evaluates their collective contribution to the emergence of increasingly precise, mechanism-oriented, biologically informed, and patient-adapted therapeutic strategies. Particular emphasis is placed on the reciprocal interactions between fundamental molecular discoveries and their translation into clinically actionable diagnostic, prognostic, preventive, and therapeutic interventions. The conceptual framework encompasses the expanding role of evidence-informed clinical medicine in establishing therapeutic validity, pharmacological sciences in elucidating drug–target interactions and treatment response, and cancer biology in characterizing the molecular, cellular, metabolic, immunological, and genomic heterogeneity of malignant disease. Within this framework, molecular genomics and precision oncology provide increasingly sophisticated approaches for identifying disease-defining molecular alterations, therapeutic vulnerabilities, resistance-associated mechanisms, and patient-specific determinants of treatment responsiveness. The integration of genomic, transcriptomic,

epigenomic, proteomic, metabolomic, and cellular information facilitates increasingly refined molecular stratification and supports the transition from empirically generalized treatment models toward individualized therapeutic selection. The analysis further considers the expanding translational significance of immunologic therapeutics, including immune checkpoint modulation, adoptive cellular approaches, therapeutic vaccination, engineered immune-cell platforms, and other strategies designed to manipulate host–tumor interactions. These developments demonstrate that therapeutic efficacy increasingly depends upon understanding the dynamic relationship among malignant cells, immune populations, stromal components, inflammatory mediators, vascular networks, and the broader tumor microenvironment. Concurrently, molecularly targeted interventions have established a mechanistically oriented therapeutic paradigm in which specific oncogenic alterations, signaling abnormalities, receptor dysregulation, DNA-repair deficiencies, and other molecular dependencies can be selectively exploited. Nevertheless, intratumoral heterogeneity, acquired resistance, clonal evolution, pharmacological limitations, and treatment-associated toxicity remain important determinants of clinical outcome. Particular consideration is also given to advanced cellular medicine and precision genome engineering as transformative components of next-generation therapeutics. Cellular therapies have expanded the therapeutic repertoire for malignancies, immune-mediated disorders, hematological diseases, and selected degenerative conditions, whereas genome-editing technologies have introduced unprecedented possibilities for correcting pathogenic genetic alterations, modifying cellular phenotypes, and engineering therapeutically advantageous biological functions. However, the clinical translation of these technologies requires rigorous assessment of genomic stability, off-target activity, immunogenicity, long-term biological consequences, manufacturing reproducibility, regulatory compliance, ethical governance, and equitable accessibility. Biomarker-driven medicine represents another central component of this scientific transformation. Molecular and cellular biomarkers increasingly support early disease detection, diagnostic refinement, prognostic estimation, therapeutic-response prediction, treatment monitoring, and identification of emerging resistance. Their integration with artificial intelligence, computational biology, high-throughput sequencing, digital pathology, and systems-level analytical methodologies may substantially enhance the resolution and predictive capacity of contemporary clinical medicine. Nevertheless, biomarker implementation requires analytical validation, clinical qualification, reproducibility, standardization, and demonstration of meaningful clinical utility before widespread incorporation into routine practice. The regenerative dimension of modern biomedicine is similarly undergoing substantial development. Stem-cell–based technologies, tissue engineering, organoid systems, biomaterial science, cellular reprogramming, and regenerative signaling research are progressively expanding possibilities for tissue reconstruction and functional restoration. Their convergence with molecular medicine and genome engineering creates opportunities for developing biologically integrated therapeutic platforms capable of addressing disease mechanisms while simultaneously promoting structural and functional recovery. The emerging biomedical landscape is best understood as an interconnected translational ecosystem rather than a collection of isolated scientific disciplines. Its principal trajectory is toward increasingly individualized, mechanism-based, biomarker-informed, molecularly precise, and regenerative therapeutic medicine. Successful advancement will depend upon multidisciplinary integration, rigorous evidence generation, clinically meaningful validation, responsible technological governance, and equitable implementation. Such convergence has the potential to transform therapeutic pharmacology and clinical medicine from predominantly disease-centered intervention toward biologically informed, predictive, preventive, personalized, and restorative healthcare.

Keywords: Precision Medicine; Translational Biomedicine; Molecular Oncology; Pharmacological Sciences; Immunotherapy; Genome Engineering; Cellular Therapy; Biomarkers; Stem Cells; Regenerative Medicine.

THE HOLISTIC SCIENTIFIC INTERPRETATION OF NON-PHARMACOLOGICAL AND PHARMACOLOGICAL TREATMENT FRAMEWORK OF RIB FRACTURES: THE PHARMACOTHERAPEUTIC ARMAMENTARIUM, MEDICINAL PRODUCT CLASSIFICATION, CLINICAL PHARMACOLOGY, PHARMACODYNAMICS, PHARMACOKINETICS, EVIDENCE-BASED PHARMACOTHERAPY, ADVERSE DRUG REACTIONS, DRUG TOXICITY, PHARMACOVIGILANCE, PHARMACOSAFETY, CLINICAL OUTCOMES AND THERAPEUTIC OPTIMIZATION AND RECOVERY

Nodar Sulashvili [1], Margarita Beglaryan [2], Diego Rada Fernandez de Jauregui [3], Marika Sulashvili [4], Nana Gorgaslidze [5], Marina Giorgobiani [6], Ada (Adel) Tadevosyan [7], Ketevani Gabunia [8], Olga Shapoval [9], Lali Patsia [10], Vira Kravchenko [11], Giorgi Pkhakadze [12], Igor Seniuk [13], Nino Abuladze [14], Lela Grigolia [15], Kakhaber Robakidze [16], David Aphkhazava [17], Zaza Khachiperadze [18]

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; Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU; Invited Professor/Lecturer of Scientific Research-Skills Center at Tbilisi State Medical University; Invited Lecturer of Clinical Pharmacology Department at Tbilisi State Medical University; Scientific Researcher, Best, Top Academic Scientist - Europe, Worldwide; Associate Professor of Biochemistry and Pharmacology Direction of School of Health Sciences at The University of Georgia; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of International School of Medicine at Alte University; Tbilisi, Georgia; Scientific Researcher of Yerevan State Medical University After Mkhitar Heratsi, Yerevan, Republic of Armenia; Former Scientific Researcher and Clinical Pharmacologist of London Lewisham University Hospital, London, England, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland; https://orcid.org/0000-0002-9005-8577; E-mail: n.sulashvili@ug.edu.ge
2. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Academician, Professor of Yerevan State Medical University After Mkhitar Heratsi, Head of the Department of Pharmaceutical Management of Yerevan State Medical University After Mkhitar Heratsi; Yerevan, Republic of Armenia; https://orcid.org/0000-0003-3697-6390
3. PhD and BSc in Pharmacy, MSc in Research Methodology in Health Sciences, Professor, Pharmacy Faculty, University of the Basque Country, Spain. https://orcid.org/0000-0002-9109-1088
4. MD, Doctor of Family Medicine, Invited Lecturer of Tbilisi State Medical University, Lecturer of Department of Molecular and Medical Genetics, Invited Professor of Biochemistry and Molecular and Medical Genetics at The University of Georgia. Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0002-6338-4262
5. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Academician, Professor of Tbilisi State Medical University, Head of The Department of Social and Clinical Pharmacy, Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0002-4563-5224
6. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Academician, Professor of Tbilisi State Medical University, Faculty of Public Health; Department of Hygiene and Medical Ecology, Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0003-0686-5227
7. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Academician, Professor of Yerevan State Medical University After Mkhitar Heratsi; Academician and Full Member of the International Academy of Sciences of Ecology and Life Safety (MANEB), Academician of the Republic Armenia Law Academy, Member of the Association of Psychiatrists of Armenia, World Association of Psychiatrists, International Association for Traumatic Stress, World Association for Biological Psychiatry, International Association "Stress and Behavior", Licensed Psychiatrist,

Psychotherapist, Public Health Organizer; Tbilisi-Georgia, Yerevan-Armenia, Los Angeles-USA;
8. 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;
9. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of Department of Pharmacology, Pharmacotherapy and Medical Prescription at Kharkiv State Medical University, Kharkiv, Ukraine; https://orcid.org/0000-0002-1971-2863
10. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Doctor Cardiologist at Republican Hospital, Invited Professor of Tbilisi State Medical University, Professor of Ken Walker International University, Professor of International School of Medicine at Alte University, Tbilisi, Georgia.
11. 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
12. MD, MPH, PhD, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the School of Public Health at David Tvildiani Medical University, Chair of Public Health Institute of Georgia (PHIG), Tbilisi, Georgia; Member of the United Nations Secretary General's Independent Accountability Panel, Geneva, Switzerland; President, Accreditation San Frontières, Paris, France, Lviv Ukraine. https://orcid.org/0000-0001-7609-4515
13. 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
14. 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/0000-0003-2189-7470
15. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Professor of Faculty of Medicine at Caucasus International University; Tbilisi, Georgia;
16. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Academician, Professor of Faculty of Medicine at Caucasus International University; Professor of International School of Medicine at Alte University; National Health Center Named After Academician O. Gudushauri; Tbilisi, Georgia;
17. PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor of Biochemistry at The University of Georgia, Tbilisi, Georgia. Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6216-6477
18. MD, PhD(c), Ass. Professor, Vice-Dean of Medical School at Georgian American University (GAU); Tbilisi, Georgia.

ABSTRACT

Rib fractures represent a clinically significant manifestation of thoracic trauma associated with substantial pain, impaired respiratory mechanics, reduced pulmonary ventilation, ineffective coughing, secretion retention, atelectasis, pneumonia, and, in severe cases, respiratory failure and increased mortality. Their clinical significance is determined not exclusively by the number and anatomical distribution of fractures but also by the severity of associated injuries, patient age, pre-existing cardiopulmonary disease, frailty, bone health, and the effectiveness of early therapeutic intervention. Contemporary management therefore requires an integrated, multidisciplinary approach combining evidence-based pharmacotherapy, regional analgesia, respiratory rehabilitation, pulmonary hygiene, early mobilization, individualized monitoring, and, in appropriately selected patients, surgical stabilization of rib fractures. This scientific review critically examines the pharmacological and non-pharmacological dimensions of rib fracture management, emphasizing the relationships between clinical pharmacology, pharmacodynamics, pharmacokinetics, therapeutic efficacy, medication safety, and patient-centered clinical outcomes. The pharmacotherapeutic armamentarium includes acetaminophen, nonsteroidal anti-inflammatory drugs, opioids, selected adjuvant analgesics, and regional anesthetic techniques. Acetaminophen may contribute to baseline analgesia, whereas nonsteroidal anti-inflammatory drugs can reduce inflammatory pain but require careful evaluation of renal function, gastrointestinal bleeding risk, cardiovascular comorbidities,

anticoagulant exposure, and potential effects on bone healing. Opioids may be necessary for severe acute traumatic pain; however, their administration requires individualized dose selection, repeated assessment, and surveillance for sedation, respiratory depression, nausea, constipation, delirium, and other adverse drug reactions. Thoracic epidural analgesia, paravertebral blockade, erector spinae plane blockade, and other regional techniques may provide additional analgesia in selected patients, potentially improving respiratory participation and reducing systemic opioid requirements. Nevertheless, comparative effectiveness remains influenced by injury characteristics, procedural feasibility, contraindications, institutional expertise, and heterogeneity in the available evidence. Non-pharmacological interventions constitute an essential component of comprehensive treatment. These include incentive spirometry where appropriate, supported coughing, deep-breathing exercises, effective secretion clearance, physiotherapy, early mobilization, adequate hydration when clinically indicated, and structured respiratory assessment. The integration of analgesia with pulmonary rehabilitation is particularly important because pain relief represents a functional therapeutic objective rather than an isolated endpoint. Adequate analgesia should facilitate ventilation, coughing, movement, sleep, and participation in rehabilitation without producing unacceptable medication-related harm. Patients with multiple fractures, respiratory compromise, frailty, or deteriorating clinical parameters may require enhanced monitoring, multidisciplinary assessment, and escalation of care. A central component of this review is the systematic consideration of pharmacovigilance and pharmacosafety. Pharmacovigilance supports the detection, assessment, understanding, and prevention of adverse drug reactions, whereas pharmacosafety emphasizes the broader evaluation and management of medication-related risks throughout the treatment pathway. Medication reconciliation, assessment of contraindications, renal and hepatic function evaluation, drug-interaction screening, dose adjustment, and documentation of treatment-related events are therefore integral to safe clinical practice. Particular attention is warranted in older adults and patients with polypharmacy, anticoagulant therapy, impaired organ function, or increased susceptibility to opioid-induced respiratory depression. Therapeutic decisions should balance analgesic benefit against the probability and severity of adverse outcomes. The review further considers clinical outcome optimization through individualized treatment selection, multimodal analgesia, standardized assessment of pain and respiratory function, risk stratification, and coordinated interdisciplinary care. Relevant outcomes include pain intensity, opioid consumption, respiratory complications, mobility, length of hospitalization, functional recovery, adverse drug events, readmission, and mortality. Evidence limitations, including differences in study populations, analgesic protocols, regional anesthesia techniques, outcome definitions, and methodological quality, restrict the generalizability of some comparative conclusions. Consequently, therapeutic recommendations should reflect the strength of available evidence, individual clinical circumstances, and established institutional protocols rather than assuming universal superiority of a single intervention. The optimal rib fracture management requires an integrated therapeutic framework that combines effective analgesia, respiratory protection, functional rehabilitation, medication-risk minimization, and continuous clinical reassessment. The coordinated application of evidence-based pharmacotherapy, non-pharmacological interventions, pharmacovigilance, and pharmacosafety principles may improve the quality and safety of care. Future research should prioritize adequately powered comparative trials, standardized outcome measures, individualized analgesic strategies, and prospective evaluation of medication-related harms to strengthen the evidence base for clinically effective, patient-centered rib fracture management.

Keywords: Rib fractures; Clinical pharmacology; Multimodal analgesia; Pharmacovigilance; Pharmacotherapy Evidence-Based Medicine.

AN INTEGRATED SCIENTIFIC INVESTIGATION OF MEDICATION SAFETY SURVEILLANCE AND MULTIDIMENSIONAL PHARMACOTHERAPEUTIC RISK EVALUATION IN SUBSTANCE USE DISORDER MANAGEMENT: CLINICAL EFFECTIVENESS, ADVERSE EVENT PREVENTION, INDIVIDUALIZED TREATMENT OPTIMIZATION, PHARMACOLOGICAL INTERVENTIONS AND LONGITUDINAL PATIENT OUTCOME ASSESSMENT

Nodar Sulashvili [1], Nato Alavidze [2], Ketevani Gabunia [3], Diego Rada Fernandez de Jauregui [4], Maka Buleishvili [5], Lali Patsia [6], Ada (Adel) Tadevosyan [7], Vira Kravchenko [8], Olga Shapoval [9], Marika Sulashvili [10], Nana Gorgaslidze [11], Marina Giorgobiani [12], Igor Seniuk [13], Nino Abuladze [14], Tamar Okropiridze [15], David Aphkhazava [16]

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; Professor of Pharmacology of Faculty of Medicine at Georgian National University SEU; Invited Professor/Lecturer of Scientific Research-Skills Center at Tbilisi State Medical University; Invited Lecturer of Clinical Pharmacology Department at Tbilisi State Medical University; Scientific Researcher, Best, Top Academic Scientist, Georgia, Europe, Worldwide; Associate Professor of Biochemistry and Pharmacology Direction of School of Health Sciences at The University of Georgia; Professor of Medical and Clinical Pharmacology of International School of Medicine at Alte University; Tbilisi, Georgia; Scientific Researcher of Yerevan State Medical University After Mk. Heratsi, Yerevan, Republic of Armenia; Former Clinical Pharmacologist of London Lewisham University Hospital, London, England, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland; https://orcid.org/0000-0002-9005-8577 E-mail: n.sulashvili@ug.edu.ge
2. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor of Akaki Tsereteli State University, Faculty of Medicine, Department of Pharmacy, Kutaisi, Georgia; Professor, Head of The Medical Doctor Degree Program of Faculty of Healthcare Sciences at East European University, Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0001-6695-5924
3. 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;
4. PhD and BSc in Pharmacy, MSc in Research Methodology in Health Sciences, Professor, Pharmacy Faculty, University of the Basque Country, Spain. https://orcid.org/0000-0002-9109-1088
5. 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
6. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Doctor Cardiologist at Republican Hospital, Invited Professor of Tbilisi State Medical University, Professor of Ken Walker international University, Professor of International School of Medicine at Alte University, Professor of Faculty of Medicine at Sulkhan-Saba Orbeliani University, Tbilisi, Georgia.
7. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Academician, Professor of Yerevan State Medical University, Academician and Full Member of the International Academy of Sciences of Ecology and Life Safety (MANEB), Academician of the Republic Armenia Law Academy, Member of the Association of Psychiatrists of Armenia, World Association of Psychiatrists, International Association for Traumatic Stress, World Association for Biological Psychiatry, International Association "Stress and Behavior", Licensed Psychiatrist, Psychotherapist, Public Health Organizer; Tbilisi-Georgia, Yerevan-Armenia, Los Angeles-USA;

8. 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
9. 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
10. 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;
11. MD, PhD, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Academician, Professor of Tbilisi State Medical University, Head of The Department of Social and Clinical Pharmacy, Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0002-4563-5224
12. MD, PhD, Doctor of Medical Sciences, Academician, Professor of Tbilisi State Medical University, Faculty of Public Health; Department of Hygiene and Medical Ecology, Tbilisi, Georgia. https://orcid.org/0000-0003-0686-5227
13. 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
14. 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
15. MD, PhD, Doctor Medical Sciences, Academician, Professor of the Division of Dentistry of International School of Medicine at Alte University; Invited Professor of Dentistry Department of The School of Health Sciences at The University of Georgia, Tbilisi, Georgia;
16. PhD, Doctor of Biological Sciences, Professor of Biochemistry at The University of Georgia, Tbilisi, Georgia. Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6216-6477

ABSTRACT

Substance use disorders represent a complex and rapidly evolving global public health challenge characterized by significant morbidity, mortality, social consequences, and healthcare burdens. Pharmacological interventions remain a fundamental component of addiction treatment strategies, including the use of medications for opioid use disorder, alcohol dependence, nicotine dependence, and other substance-related conditions. Although these therapeutic agents provide substantial clinical benefits by reducing cravings, preventing relapse, improving treatment adherence, and supporting long-term recovery, their safety profiles require continuous scientific evaluation. Pharmacovigilance and comprehensive medication safety assessment have therefore become essential components in optimizing addiction pharmacotherapy and ensuring evidence-based clinical practice. This scientific discourse explores the contemporary role of pharmacovigilance systems, safety monitoring approaches, and risk–benefit evaluation frameworks in medications utilized for addiction treatment. The analysis emphasizes the importance of identifying adverse drug reactions, drug interactions, medication-related complications, misuse potential, and long-term safety concerns associated with pharmacological therapies in individuals with substance use disorders. Special attention is given to commonly apply therapeutic agents, including opioid agonist and antagonist therapies, medications for alcohol dependence, nicotine replacement therapies, and emerging pharmacological approaches targeting neurobiological mechanisms of addiction. Modern pharmacovigilance has evolved beyond spontaneous adverse event reporting toward integrated systems incorporating real-world evidence, electronic health records, clinical databases, artificial intelligence-based signal detection, pharmacogenomic information, and patient-centered safety surveillance. These innovative approaches provide opportunities for earlier identification of safety signals, improved prediction of individual treatment responses,

and development of personalized addiction medicine strategies. The implementation of advanced safety assessment methodologies is particularly important in addiction treatment due to the complex clinical characteristics of affected populations, including psychiatric comorbidities, polypharmacy, variable treatment adherence, and increased vulnerability to medication-related harms. The scientific evaluation of medication safety in addiction care requires interdisciplinary collaboration among physicians, clinical pharmacologists, pharmacists, psychiatrists, regulatory authorities, and public health specialists. Clinical pharmacists play a critical role in monitoring adverse effects, preventing medication errors, evaluating therapeutic appropriateness, promoting rational prescribing, and improving patient education. Furthermore, regulatory pharmacovigilance frameworks contribute to maintaining the quality, efficacy, and safety standards of addiction medications throughout their lifecycle, from clinical development to post-marketing surveillance. This review emphasize current challenges and future perspectives in pharmacovigilance for addiction treatment, including underreporting of adverse reactions, limitations of existing surveillance systems, ethical considerations, accessibility of safety data, and the need for international harmonization of monitoring practices. Emerging technologies, including artificial intelligence, machine learning, digital health platforms, and precision pharmacotherapy, are expected to transform medication safety evaluation and enhance individualized approaches to addiction management. The pharmacovigilance represents a cornerstone of modern addiction medicine by ensuring continuous assessment of medication-related risks and benefits. Strengthening global safety monitoring networks, integrating innovative analytical technologies, and promoting evidence-based pharmacotherapeutic strategies are essential for improving treatment outcomes, minimizing preventable harms, and advancing safe, effective, and patient-oriented approaches to addiction care.

Keywords: Pharmacovigilance; Addiction treatment; Medication safety; Adverse drug reactions; Substance use disorders; Pharmacotherapy; Clinical pharmacology; Risk–benefit assessment; Drug monitoring;

Issued: 26.11.2026
ISBN: ‘978-625-378-796-7’



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